

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Кузьмінський Є.В.  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” \_\_\_\_\_ 2019р.

**Дипломний проект**  
**на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки 6.051401 «Біотехнологія»  
(код і назва)

на тему: Біоконверсія відходів за допомогою вищих базидіоміцетів

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи БЕ-51  
(шифр групи)

Красінько Дар'я Дмитрівна \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник К.т.н., асист. Левтун І.І. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

# ЗМІСТ

## ВСТУП

### РОЗДІЛ 1. Огляд існуючих технологій переробки лігніновмісних та целюлозовмісних відходів

#### 1.1 Технології термічної і хімічної переробки лігніновмісної сировини

#### 1.2 Біотехнології переробки лігніновмісних та целюлозовмісних відходів

### РОЗДІЛ 2. Використання ферментних систем вищих базидіоміцетів для біоконверсії лігніновмісних та целюлозовмісних відходів

#### 2.1 Характеристика субстрату

#### 2.2 Характеристика ферментів

##### 2.2.1 Лігнін-пероксидаза

##### 2.2.2 Mn-пероксидаза

##### 2.2.3 Лакказа

#### 2.3 Порівняльна характеристика відомих штамів вищих базидіоміцетів-деструкторів деревини

### РОЗДІЛ 3. Характеристика біологічного агенту

#### 3.1. Культуральні ознаки

#### 3.2. Фізіолого-біохімічні ознаки

### РОЗДІЛ 4. Техніко-економічне обґрунтування

#### 4.1 Обґрунтування вибору технології біологічної переробки відходів

#### 4.2 Обґрунтування вибору конструкції біобарабана для компостування

### РОЗДІЛ 5. Технологічна частина

#### 5.1 Опис технологічного процесу

#### 5.2 Контроль виробництва

#### 5.3 Матеріальний баланс

### РОЗДІЛ 6. Охорона праці

## ВИСНОВКИ

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

## ДО

## ВСТУП

В останні роки в Україні продовжують активно розвиватися сільське господарство та лісообробна промисловість. Попри позитивні економічні ефекти, стає все більш актуальною проблема накопичення відходів на виробництвах, серед яких найбільшу частку становлять саме целюлозовмісні відходи рослинного походження. Разом з тим, існує велика кількість різних технологій переробки відходів, що дозволяють не лише мінімізувати негативний вплив на екологічний стан довкілля, а і отримати цінні продукти і відповідний економічний ефект.

Серед відходів рослинного походження можна виділити окрему групу лігніновмісних відходів, які є більш складними для переробки. Лігнін за своєю хімічною будовою є полімерною сполукою зі високою стійкістю. Це зумовлює необхідність попередньої обробки лігніновмісної сировини. В біотехнології для цього застосовують певні ферментні комплекси, у тому числі ферменти вищих базидіоміцетів.

Їстівні гриби є свого роду унікальним продуктом. Гриби мають високий вміст білків, полісахаридів, харчових волокон (хітин), та вітамінів. В їхньому складі представлені всі незамінні амінокислоти [1], багато макро- і мікроелементів. Гриби мають низький загальний вміст жиру, який складається в основному з ненасичених жирних кислот і не містять холестерину. Гриби є низькокалорійною їжею, тому можуть застосовуватися для здорового харчування та для лікування ожиріння [2].

Водночас, ряд досліджень [3-5] демонструє високу ефективність ферментних комплексів вищих базидіоміцетів при їх виористанні у процесах лігніномодифікації. З огляду на це, актуальність роботи полягає у забезпеченні виробництва по вирощуванню грибів технологічним рішенням по перобці лігнін- та целюлозовмісних відходів виробництва.

Новизна даної роботи полягає у поєднанні потенціалу ферментів грибів, що вирощуються на виробництві, із класичними технологіями переробки відходів деревинного походження.

Метою проекту є розробка оптимального технологічного рішення, яке б задовільняло проблему утилізації відходів виробництва грибів, і при цьому було б найбільш ефективним та економічно вигідним.

Для виконання поставленої мети було сформульовано перелік завдань:

1. Провести огляд наявної вітчизняної та зарубіжної літератури в галузі біоконверсії органічних відходів, узагальнити отримані відомості
2. Провести порівняльний аналіз існуючих технологій переробки лігніновмісних та целюлозовмісних відходів
3. Ознайомитися з біологічними процесами, що супроводжують лігніномодифікацію за участі вищих базидоміцетів
4. Порівняти існуючі штами дереворуйнівних грибів, обрати біологічного агента та навести його характеристику
5. Обрати оптимальну технологію переробки лігніновмісної сировини та запроєктувати технологічну схему біоконверсії відходів, що утворюються на виробництві по вирощуванню грибів.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ЛІГНІНОВМІСНИХ ТА ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНИХ ВІДХОДІВ

Основними джерелами утворення лігніновмісних і целюлозовмісних відходів є лісопереробна та целюлозно-паперова промисловість. Залежно від типу цільового продукту в якості сировини використовується деревина хвойних і листяних порід, стебла однолітніх рослин, відходи бавовняного й текстильного виробництва, макулатура [6].

Технологія підготовки деревини до основного циклу виробництва призводить до утворення кородеревних відходів, які, у випадку відсутності технологічних рішень з їх переробки, розміщуються в навколишньому середовищі й негативно впливають на атмосферне повітря, водні об'єкти, ґрунти й підземні горизонти, в зв'язку із чим актуальною є розробка екологічно безпечної технології утилізації кородеревних відходів[7]..

На підставі якісної й кількісної оцінки потоків твердих відходів був виконаний аналіз існуючих технологій їх знешкодження й переробки. У ході аналізу було встановлено, що існують основні групи методів, придатних для застосування у поводженні з кородеревними відходами: термічні, хімічні, біологічні [8].

### 1.1 Технології термічної і хімічної переробки лігніновмісної сировини

Термічні методи представлені технологіями спалювання, піролізу й газифікації. Спалювання здійснюється в присутності кисню повітря в печах різної конструкції. У залежності від способу організації технологічного процесу виділяють пряме спалювання й спалювання в "киплячому шарі", створюваним шляхом подачі повітря через шар інертного матеріалу.

Тепло, що виділяється в результаті спалювання кородеревних відходів, використовується для виробництва технологічної пари або підігріву води. У результаті процесу утворюється зола, яка містить у своєму складі в основному карбонати лужних і лужноземельних елементів і потребує подальшої утилізації. Процес піролізу кородеревних відходів реалізується в печах різних конструкцій безперервної й періодичної дії й полягає в термічному знешкодженні відходів без доступу повітря, у результаті процесу утворюється твердий залишок -

деревне вугілля, яке може бути реалізоване як товарний продукт. Крім того, отримане у ході піролізу деревне вугілля можна активувати із застосуванням парогазових і хімічних способів. У якості реагентів при активації деревного вугілля найбільше часто використовують водяну пару й діоксид вуглецю. Обробка вугілля- сирцю проводиться в печах різної конструкції (шахтні, обертові, багатополічних).

Газифікація кородеревних відходів використовується з метою одержання деревного (генераторного) газу, використовуваного в дизель-електричних агрегатах при виробництві теплової й електричної енергії.

Традиційні промислові технології глибокої переробки деревини є низькоефективними, орієнтовані на отримання обмеженого асортименту продуктів і завдають шкоди навколишньому середовищу. Для того, щоб підвищити економічну ефективність і екологічну чистоту промислових процесів переробки деревини удосконалюються методи окисно-відновної й кислотно-основної трансформації вуглеводів і лігніну деревини. З метою утилізації відходів переробки сировини деревного походження розробляються методи комплексного використання всіх основних компонентів деревної біомаси [9].

Основними хімічними методами переробки кородеревних відходів є екстракція й гідроліз. У ході екстракції з кори хвойних порід дерев витягають хвойний віск і дубильні речовини. У якості екстрагентів використовують органічні розчинники (гексан, ізопропанол) і воду. У ході гідролізу кородеревних відходів у присутності катализаторів (кислих солей, мінеральних кислот) одержують різноманітні харчові, кормові й технічні продукти (спирти, дріжджі, діоксид вуглецю) [10].

#### 1.1 Біотехнології переробки лігніновмісних та целюлозовмісних відходів

До біотехнологічних методів конверсії відходів деревної кори в органічно-мінеральні добрива відносяться: компостування, вермикомпостування, біорозклад під дією бактеріальних ферментів, біоконверсія органічної речовини кори під дією грибів.

Найбільш простим і дешевим способом утилізації деревної кори є її компостування [11, 12]. Інтерес до одержання таких компостів обумовлений різноманітністю, доступністю й дешевизною сировини.

Крім того, внесення компостів позитивно впливає на фізико-хімічні властивості ґрунту за рахунок розпушення його верхнього шару й підвищення загальної пористості. Це призводить до значного поліпшення аерації ґрунту, підвищенню його вологості. Внесення компостів супроводжується збільшенням у ґрунті частки цінних агрегатів і їх водостійкості, підвищенням вмісту гумусу і його рухливих форм. Важливо відзначити, що компости сприяють біологічній активності ґрунту, що впливає на його родючість [9-12]. Внесення компосту впливає на стан основних макроелементів харчування рослин, які можуть абсорбуватися на частках ґрунту або утворювати комплекси з органічними речовинами. У результаті змінюється характер їх накопичення, водостійкість і біодоступність [13].

Кожна з фаз компостування характеризується особливими ознаками й виникненням різних форм мікроорганізмів.

- Фаза розпаду - первинне розкладання сирого матеріалу при участі найпростіших ґрунтових мікроорганізмів (аеробні спірили, актиноміцети, пліснявий грибок, еубактерії, вібріони).
- Фаза реконструкції - перехідний етап, відбувається збільшення числа мікроорганізмів (вилохвістка, пеніцил, актиноміцети, дріжджовий грибок, цвіль, спірили).
- Фаза синтезу - утворення незрілого компосту, а також збільшення числа ґрунтових організмів (компостний хробак, цвіль зелена, мокриця, дріжджовий грибок, пеніцил, актиноміцети, вилохвістка, багатоніжки).
- Фаза дозрівання - продовження складних внутрішніх процесів побудови матеріалу компосту, зрілий компост.
- Фаза гуміфікації - формування стійких форм гумусу, утворення цінної компостної землі.

У фазі розпаду відбувається підвищення температури до 60-70°C, розпад легкорозкладаних органічних субстанцій. Найпростіші мікроорганізми

харчуються білком і цукром, целюлозою й жирами. Відбувається зниження схожості насін'я бур'янів, знищення збудників захворювань рослин під дією термічної реакції.

У фазі реконструкції знижується температура до 30-35 °С, активізується ріст грибків (променевиї грибок, дріжджовий грибок, зелена цвіль), аміак утворює органічні сполуки, знижується співвідношення C: N.

У фазі синтезу температура падає до 20°C, відбувається заселення компостної маси ґрунтовими організмами вищого рівня розвитку (мокрицями, гнойовими хробаками, вилохвістками) [42].

Під час огляду літератури було встановлено, що в останні 10-12 років вермикомпостуванню деревної кори та її біоконверсії за допомогою грибів присвячуються роботи [15, 16]. Незначна увага до цих методів переробки деревних відходів обумовлена, мабуть, необхідністю добору видів черв'яків і грибів, що володіють оптимальною продуктивністю для конверсії використовуваної сировини. Крім того, для одержання якісних добрив потрібно дотримання певних умов і поживного середовища. Слід зазначити, що такі методи мають і свої переваги. Наприклад, вермикопости проявляють більшу ефективність у порівнянні зі звичайними компостами, оскільки містять поживні речовини в більш доступних для рослин формах. Позитивний вплив вермикопостів на ріст рослин може бути пов'язаний зі здатністю черв'яків продукувати певні біоактивні метаболіти й вітаміни різних груп [8, 17].

У наш час в усьому світі ведеться інтенсивна розробка біотехнологій на основі лігнолітичних ферментів базидіальних грибів як для обробки лігніноцелюлозних матеріалів, так і для утилізації лігніновмісних відходів. Базидіальні гриби, збудники білої гнилі деревини, належать до нечисленної групи мікроорганізмів, здатних руйнувати лігнін, що й володіють унікальною системою лігнолітичних ферментів: лаккази, марганець- і лігнінпероксидази. Відомо, що деякі види вищих базидіальних грибів, деструкторів деревини, мають унікальний механізм детоксикації як продуктів деградації лігніну, так і ксенобіотиків. У зв'язку із цим базидіальні гриби знайшли широке застосування в переробці техногенних відходів.



Основна екологічна функція ксилотрофних базидіоміцетів у природі – розкладання лігніну й целюлози. Гриби перетворюють складні для руйнування біополімери в форми, доступні для споживання іншими організмами в екологічному ланцюзі [10; 12].

Високий інтерес до базидіальних грибів зараз обумовлений, насамперед, їх здатністю продукувати екстрацелюлярний мультиферментний комплекс, що обумовлює здатність цих грибів утилізувати як складнодеградуючі природні полімери (целюлоза, лігнін, гумінові речовини), так і ксенобіотики різних класів [11].

Таким чином, згідно з існуючими уявленнями, основна роль у процесах біодеградації природних полімерів і ксенобіотиків базидіоміцетами належить позаклітинним ферментам [12], та все більша увага приділяється дослідженню основних ферментів, що входять до складу мультиферментного екстрацелюлярного комплексу: лаккази, лігнінпероксидази й Mn- пероксидази [13].

Важливим продуктом, що утворюються при розкладанні лігніну й целюлози за допомогою ферментів базидіальних грибів, є гуміноподібні (ГПР) і гумінові речовини (ГР), які являють собою основний резервуар ґрунтового вуглецю. Таким чином, унікальною особливістю функціонування базидіальних грибів у наземних екосистемах є їхня одночасна участь і в розкладанні, і в синтезі найбільш стійкої до деградації фракції ґрунтової органічної речовини - ГР.

На даний момент найбільш значущими є дві гіпотези гуміфікації: теорія конденсаційної полімеризації, розроблена М.М. Коновою [20], і теорія утворення ГР по механізму окисного кислотоутворення, запропонована Л.Н. Александровою [21].

Слід підкреслити, що обидві теорії містять у собі процеси перетворення органічних речовин як обов'язкові стадії гуміфікації, що призводять до збільшення молекулярної маси (полімеризація й конденсація). Каталізаторами подібних процесів у природі в більшості випадків виступають ферменти, виділювані різними мікроорганізмами. Даний факт став основою для біологічної теорії походження ГР, розробленої В.Р. Вільямсом [23]. На думку автора, ГР є

прямим продуктом життєдіяльності мікроорганізмів, насамперед грибів, які трансформують мертву органічну речовину в ході одержання з неї поживних речовин. Було встановлено, що багато вищих грибів у ході своєї життєдіяльності синтезують меланіни - темнозabarвлені пігменти, які за структурою близькі до ГР.

Незважаючи на те що теорія Вільямса не знайшла підтримки в сучасних дослідників, роль грибів і виділюваних ними ферментів у процесі гуміфікації насьогодні можна вважати вірогідно встановленою. Таким чином, роль базидіомицетів у гуміфікації полягає в продукуванні комплексу ферментів, під дією яких може відбуватися як розкладання, так і синтез ГР - найбільш стійкої до деградації фракції ґрунтової органічної речовини, що представляє собою основний резервуар органічного вуглецю в наземних екосистемах.

Підсумовуючи, слід зазначити що при порівнянні усіх існуючих методів переробки лігніновмісних відходів термічні та хімічні методи виявляються дорожчими, ніж біологічні, і при цьому потребують додаткової утилізації утворених відходів (зола, шлам). Серед біологічних методів, які дозволяють ефективно переробити відходи рослинного походження, компостування є досить простим та дешевим, і відповідно, популярним методом. При цьому базидіомицети можна застосовувати для попередньої обробки лігніновмісної сировини, що робить можливим подальше компостування.

## РОЗДІЛ 2. ВИКОРИСТАННЯ ФЕРМЕНТНИХ СИСТЕМ ВИЩІХ БАЗИДІОМІЦЕТІВ ДЛЯ БІОКОНВЕРСІЇ ЛІГНІНОВІСНИХ ТА ЦЕЛЮЛОЗОВІСНИХ ВІДХОДІВ

Більшістю авторів сучасних джерел встановлено, що найперспективніше застосування для процесу окислення лігніну і його модельних сполук мають лігнінпероксидаза, марганецьпероксидаза і лаказа. Основною функцією даних ферментів є пряме, як у LiP, або опосередковане медіатором (катіонрадикалом у LiP, хелатованих органічними кислотами іонами  $Mn^{3+}$  у MnP) одноелектронне окислення ароматичних субстратів до відповідних радикалів і двоелектронне відновлення пероксиду водню до води [21, 22].

### 2.2.1. Лігнінпероксидаза

Лігнінпероксидаза (КФ1.11.1.14) — гемвмісний фермент, який характеризують здатністю окислювати ароматичні з'єднання з високим редокс-потенціалом, такі як вератриловий спирт, метоксибензол і модельні нефенольні димери лігніну [22, 23]. Вона грає основну роль в біодеградації клітинної стінки. Вона каталізує пероксид-залежну окиснювальну деполімеризацію нефенольних (діарилпропан), фенольних лігнінових компонентів (ваніліновий спирт, сиринова кислота (при редокс-потенціал 1,4)) [24], а також ароматичні ефіри і поліциклічні з'єднання [25]. Молекулярна маса становить близько 40 кДа.

Лігнінпероксидаза каталізує багатоступеневу окисну реакцію різних донорів електронів перекисом водню. Фермент в структурі містить гем (як простетичну групу), 4 дисульфідних містка і 2 сайти зв'язування атомів кальцію. Для неї характерна наявність 6 ізоформ, що відрізняються за активністю [26].

Лігнінпероксидаза грибів білої гнилі виділяються лише в невеликих кількостях, тому їх використання в промислових цілях було обмежено через низьку продуктивність та високу вартість. Тому нові і дешевші джерела ферментів постійно досліджуються. Висока ферментативна активність гарантує вище і швидше перетворення цільового субстрату і покращує придатність та ефективність ферментативно-каталітичних процесів. Тому індукція грибів білої гнилі дуже важлива, оскільки їх метаболічна активність та зростання залежать від екологічної умови. Додавання індукторів, таких як ксилідин, ферулова

кислота, вертириловий спирт, наночастинки міді значно підвищують вихід лігнінолітичних ферментів і зменшують гідролітичних [27].

Наявність лігнолітичних ферментів у базидіоміцетів стала підставою для розробки на їх основі перспективних способів утилізації відходів лісозаготівлі та рослинництва, делігніфікації паперової пульпи, біовідбілювання тканин, наповнення деревоволокнистих плит, проте в промислових масштабах відповідні технології практично не використовуються. Це пов'язано з тим, що базидіоміцети вимогливі до джерел живлення, повільно ростуть при глибинному культивуванні, їх міцелій чутливий до механічних впливів, а твердофазне культивування важко піддається масштабуванню [22].

### 2.2.3 Mn-пероксидаза

У розкладанні лігніну марганець-пероксидаза (MnP) є другим за значимістю після лігнінпероксидази ферментом, здатним виконувати важливу роль на початковому етапі деградації лігніну. Унікальною властивістю MnP вважається здатність безпосередньо окиснювати  $Mn^{2+}$  до  $Mn^{3+}$  на відміну від лігнінпероксидази, яка окиснює  $Mn^{2+}$  завдяки супероксиданіон-радикалу, який утворюється у процесі редокс-циклу [29].

Mn-залежна пероксидаза - гемвмісний фермент (КФ 1.11.1.3), який бере участь в деполяризації синтетичного лігніну. Він окиснює фенольні сполуки в присутності перекису водню. Проявляє активність в середовищі, що містить Mn, має молекулярну масу 46 кДа. Вперше виділена з культуральної рідини гриба *Phanerochaete chrysosporium* [27].

Іон  $Mn^{3+}$  виконує роль генератора вільних радикалів, які в комплексі наприклад, оксалатом, аніоном дикарбонових або  $\alpha$ -оксикарбонових кислот, здатні дифундувати в недоступну для гриба частину клітинної стінки рослинної субстрату і там здійснювати окислення нефенольних структур лігніну. Можливе також окислення іоном  $Mn^{3+}$  відповідних низькомолекулярних медіаторів [29].

Принцип функціонування ферменту полягає в окислення  $Mn^{2+}$  до  $Mn^{3+}$  з використанням перексиду водню в якості окислювача (рис. 2.2).

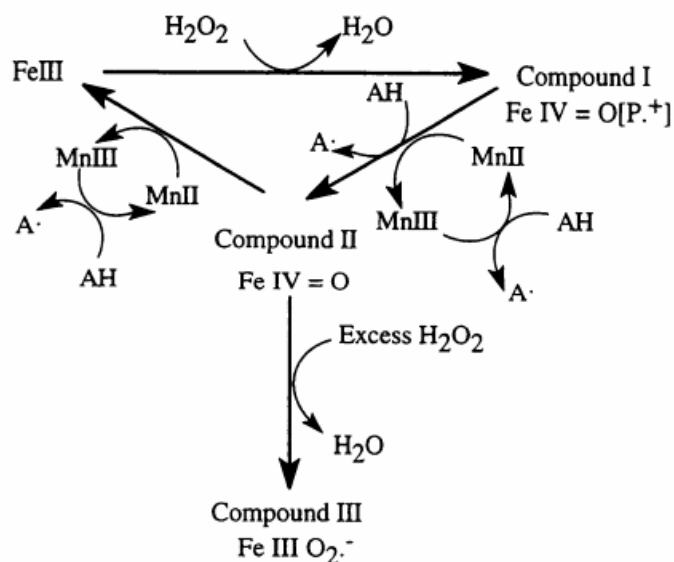


Рис. 2.2. Каталітичний цикл Mn-пероксидаз

У своєму складі Mn-пероксидаза містить Протоген IX, який легко відділяється від апоферменту і вуглеводного компонента. Як і лігнінпероксидаза, MnP є глікозильованим мономерним глікопротеїном. Молекулярна маса ферменту становить 45-47 kDa. Фермент окисняє фенольні сполуки, полімерні барвники, декарбоксилює ванілінову кислоту, гідроксилює ароматичні сполуки, окисляє орто-пара-дифенолу. Для дії Mn-пероксидази необхідна присутність пероксиду водню та  $Mn^{2+}$  [29].

Ключова роль Mn-пероксидази, пов'язана з окисненням  $Mn^{2+}$  до  $Mn^{3+}$ , який видаляє електрон у фенольного субстрату, утворюючи радикал, що піддається подальшим перетворенням, а також з генеруванням за рахунок окислення NADH і глутатіону перекису водню, яка використовується потім лігнінпероксидазою і самою Mn-пероксидазою. Активність ферменту стимулюється простими органічними кислотами, які стабілізують іон  $Mn^{3+}$ . В результаті взаємодії останнього з кислотами утворюється хелат, що володіє окислювальними властивостями [20].

Mn-пероксидаза виявлена у грибів *Phlebia radiata*; *Trametes versicolor*; *Phlebia brevispora*; *Pleurotus ostreatus*; *Pleurotus eryngii*; *Ganoderma australe*; *Bjerkandera adusta*; *Phellinus ribis*; *Polyporus arcularius* і ін. Однак найбільш вивчена Mn-пероксидаза *Phanerochaete chrysosporium*.

### 2.2.3. Лаказа

В даний час ферментні препарати знаходять широке застосування в різних галузях промисловості. Особливий інтерес для промислового використання виявляє лаказа (п-дифенол: оксидоредуктаза, КФ 1.10.3.2), що має унікальний ансамбль з чотирьох іонів міді, які формують її активний центр. Лаказа каталізує окислення субстрату - донора електронів, що супроводжується відновленням молекулярного кисню до води [24]. Субстратна специфічність ферменту може бути значно розширена при використанні редокс-медіаторів. У їх присутності лакази можуть окиснювати нефенольні сполуки різної природи. Як правило, значення редокс-потенціалу Т1-центру лакази (первинного акцептора електронів) лежать в діапазоні від +430 до +790 мВ, проте використання системи фермент-медіатор дозволяє окислювати сполуки зі значеннями  $E^{\circ}$  вище +1100 мВ. Крім того, медіатор діє як рухливий електронний переносник, що дозволяє окиснювати високомолекулярні біополімери, такі як лігнін і целюлозу. За каталітичними властивостями, субстратної специфічності і біотехнологічному потенціалу лаказа - практично ідеальний каталізатор для «зеленої» хімії [25].

Всі лакази є мономерними білками з молекулярною масою 90-130 кДа та ізоелектричною точкою, що знаходиться в області  $pI = 3,0-5,1$ , і високим вмістом вуглеводів 22-45%. Дані ферменти мають характерну смугу поглинання, близьку до 610 нм, тому в літературі їх відносять до «блакитних оксидаз» [26].

Фермент лаказа є одним з небагатьох ферментів, які вивчалися, починаючи з дев'ятого століття, але і досі залишається предметом фундаментальних та прикладних досліджень [21–24]. Йосіда вперше одержав лаказу з ексудату Японського дерева *Rhus vernicifera* в 1883 році. Бертран і Лабард в 1896 р. вперше продемонстрували, що лаказа є грибним ферментом [27].

Лакази знайдено в рослинах, комах, грибах і бактеріях. Їх продукують фітопатогенні, ґрунтові та дереворуйнуючі аскоміцети. Але основними продуцентами є вищі гриби-базидіоміцети. Широко вивчаються гриби роду *Phanerochaete*, що викликають білу гниль деревини.

Найбільш вивченими продуцентами є базидіальні гриби. Разом з тим нещодавно було показано, що продуцентами лаказ з новими практичними важливими властивостями можуть служити міцеліальні гриби, що належать до

аскоміцетів і дейтероміцетів [27]. Більшість грибних лаказ є мономерними, димерними або тетрамерними глікопротеїнами. Вони приймають участь в процесах глікозилювання, відіграють певну роль в секреції, сприятливості до протеолітичної деградації, утриманні міді і термічної стабільності [27].

Великий інтерес представляє субстратна специфічність лакази. Цей фермент здатен каталізувати окислення широкого спектру органічних і неорганічних субстратів, включаючи моно-, ди- і поліфеноли, амінофеноли, метоксифеноли, ароматичні аміни та аскорбати. Окиснення органічних сполук протікає по вільно-радикальному механізму, який в даний час до кінця не вивчений [24, 26].

Проте, промислове використання лакази обмежене насамперед відсутністю їх великомасштабного виробництва і, як наслідок, високою вартістю ферментних препаратів. Крім того, більшість досліджених ферментів проявляють максимальну активність в кислому рН, досить низьку стабільність при нейтральних і лужних рН, а також в присутності органічних розчинників, що значно обмежує можливості їх використання в біосенсорних технологіях, біопаливних елементах і органічному синтезі. Традиційним підходом для вирішення такого роду проблем є створення високоефективних продуцентів гетерологічного білка [28].

## 2.1 Порівняльна характеристика відомих штамів вищих базидіоміцетів-деструкторів деревини

У дослідженні Kathirgamanathan серед вісімнадцяти ізольованих базидіоміцетів *Pycnoporus sp.* виробляли найвищу активність целюлази (0,23 FPU / мл), *Phlebiopsis sp.* — ксиланази (5,4 одиниць активності / мл). *Earliella scabrosa* — лаккази (91,2 ОА / л) і *Mn* пероксидази (17,5 ОА / л). Активність лігнінпероксидази рідко зустрічається серед базидіоміцетів і обмежується кількома видами, такими як *Phanerochaete chrysosporium* [33].

Також встановлено, що деградаційні продукти лігніну та  $\text{Cu}^{2+}$  діють як природні індуктори лакказ та сприяють їх синтезу у багатьох видах грибів [33].

Проведені Федотовим скринінгові дослідження дозволили виділити штамми базидіоміцетів *Agrocybe cylindracea* 167, *Fistulina hepatica* Fh-08, *Pleurotus*

*ostreatus* P-208 – активних продуцентів пероксидаз, супероксиддисмутаза та каталаз відповідно. Пероксидазна активність штаму *A. cylindracea* 167 є найвищою і складає  $6,2 \pm 0,2$  Е / мг. Каталазна активність найвища у *P. ostreatus* і становить  $9181 \pm 293$  мкат / мг. Супероксиддисмутазна активність *F. hepatica* складає  $101,6 \pm 3,5$  Е / мг [34].

Як продуцент міцеліальної, внутрішньоклітинної пероксидази важливим є штаму *P. ostreatus* Р-кл., пероксидазна активність міцелію якого в 2,87 раза нижча за активність штаму *A. cylindracea* 167 на 9-ту добу, і в 0,91 раза вища — на 12-ту добу культивування. Як продуценти екзогенної пероксидази можуть також бути використані штами *A. cylindracea* 960, 218 і штаму *P. ostreatus* Р-кл., ПА культурального фільтрату яких у 2,12, 2,34 та 3,40 раза, відповідно, нижча за активність штаму *A. cylindracea* 167 на 12-ту добу ферментації. Цей ензим бере активну участь у процесах делігніфікації деревини і регуляції процесів пероксидного окиснення ліпідів, що може бути покладено в основу розроблення нових енергоощадних технологій перероблення деревини [35].

Порівняно високий рівень каталазної активності виявлено також в міцелії штамів *Fomes fomentarius* T-10, *F. velutipes* F-112, *F. velutipes* F-2 та *F. velutipes* F-vv, зокрема, абсолютний максимум активності міцелію штаму *F. velutipes* F-2, зафіксований на 12-ту добу росту, становить 314,9 мкат/мг і відповідає загальній КА 765,4 мкат/г. Така специфіка активності цих штамів, імовірно, пояснюється зосередженням катаболічних процесів у клітинах міцелію. Каталазу використовують у процесах деградації залишкових кількостей пероксиду водню в технологіях легкої, хімічної та харчової промисловості [36].

Відомо, що деякі види базидіміцетів, такі як *Flammulina velutipes*, *Trametes versicolor*, *Peniophora cinerea*, *Trametes suaveolens*, *Trametes hirsuta* та *Phlebia* sp. є ефективними конверторами мулу, рисової та пшеничної соломи, ксилану і мікрокристалічну целюлозу до етанолу. Кожевнікова встановила, що перетворення Na-карбоксиметилцелюлози (Na-СМС) штамом *F. velutipes* МТ-3.03 було найвищим, при виробництві етанолу  $1,3$  г /  $\text{дм}^3$ . Для майже всіх штамів, за винятком *P. betulinus* МТ-30.04, перетворення мікрокристалічної целюлози було менш ефективним, що могло бути викликане вищим ступенем



кристалічності і, як наслідок, його низькою доступністю для грибних целюлаз. Найбільш ефективним було безпосереднє перетворення житньої соломи на етанол штамом *F. fomentarius* MT-4.05 (1,1 г / дм<sup>3</sup>) [37].

За результатами досліджень здатності грибів роду *Ganoderma* продукувати позаклітинні ферменти, включаючи  $\beta$ -глюкозидазу, целюлазу, авіцелазу, пектиназу, ксиланазу, протеазу, амілазу та лігніназу, найвищою виявилася  $\beta$ -глюкозидазна активність, зокрема, у штама *G. neo-japonicum* [38].

Також було виявлено багатокomпонентну систему ферментів гриба *Volvaella volvacea*, що складається з енд-1,4- $\beta$ -глюканази, целобіогідролази та  $\beta$ -глюкозидази для перетворення целюлози в глюкозу. З культуральної рідини *V. volvacea*, вирощеної на кристалічній целюлозі виділили ендоглюканазу EG1 з ізоелектричною точкою 7,7 та молекулярною масою 42 кДа [38].

Крім того, встановлено, що *P. ostreatus* та *L. edodes* мають у своєму складі такі ферменти, як  $\alpha$ -амілаза, целюлаза, арабіназа, галактаназ,  $\beta$ 1,3-глюканаз,  $\beta$ 1,4-маннаназ та ксиланаз, що також може бути використано в природоохоронних технологіях [39].

Отже, у даному розділі було проаналізовано дані щодо деяких різновидів базидіоміцетів, які є здатними до переробки лігніну та целюлози, і більш детально розглянуто їх ферментні системи. Було визначено, що основними ферментами, які зумовлюють даний процес, є лігнінпероксидаза, Mn-пероксидаза та лакказ. Також було проведено порівняльну характеристику штамів вищих базидіоміцетів, відповідно до якої біологічним агентом для подальшої переробки було обрано шийтаке (*Lentinula edodes*).

### РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА

Систематичне положення виду:

Царство:	<i>Fungi</i>
Відділ:	<i>Basidiomycota</i> Whittaker ex Moore 1980
Клас:	<i>Agaricomycetes</i> Doweld 2001
Ряд:	<i>Agaricales</i> Underw. 1899
Родина:	<i>Marasmiaceae</i> Roze ex Kühner 1980
Рід:	<i>Lentinula</i> Earle 1909
Вид:	<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler 1976

Японський чорний гриб, шиітаке або сіітаке належить до екологічної групи дереворуйнівних сапротрофів, в природних умовах зустрічається на дубі та грабі в країнах Південно-Східної Азії. У східній медицині його називають «гриб довголіття», він володіє значними лікувально-профілактичними властивостями [42]. Серед них можна виділити наступні:

- *Імуностимулююча та протипухлинна властивості.* Ряд дослідів показав, що екстракт шиітаке стимулює моноцитарні клітини периферичної крові людини. Екстракт активує систему комплімента, а також володіє сильним мітогенним ефектом. В досліді бласттрансформації лейкоцитів він значно стимулював проліферацію В-клітин. Також була помічена значна індукція продукування протизапальних цитокінів: інтерлейкіна-1в, інтерлейкіна-8 та особливо інтерлейкіна-2. Досліди *in vivo* на Мишах підтвердили сильний імуностимулюючий ефект [23]. Імуностимулююча активність була також досліджена на пацієнтах з СНІДом. В дві стадії дослідження 107 ВІЛ-позитивним хворим давали диданозин (400 мг перорально, на день – тижнів). Після курсу, 88 пацієнтам вводили додатково 2 мг лентинана(lentinan) на тиждень внутрішньовенно протягом 24-30 тижнів, а пацієнти групи контролю отримували тільки диданозин. При комплексному лікуванні після 38 тижнів відмічено вагоме підвищення кількості CD4+ клітин, в порівнянні із контрольною групою [24].

- *Протимікробна дія.* Щавлева кислота, що входить до складу плодових тіл шіітаке проявляє протимікробну активність по відношенню до *S. aureus*.
- *Лігнінмодифікуюча дія.* Гриби *Lentinula edodes* проявляють високий рівень ферментативної активності, який надає їм здатності до розщеплення лігнінової складової деревини. Дана властивість може широко застосовуватись у біоремедіації і природоохоронних технологіях [5].

### 3.1. Культуральні ознаки

Характер росту на щільних поживних середовищах – рівномірне радіальне розповсюдження міцелію.

Колонії різного розміру, в залежності від віку. Форма – найчастіше рівномірно округла. Поверхня колоній шорсткувата, край рівний. Пігментація повітряного міцелію – від білого до насиченого брудно-жовтого (в залежності від віку колонії), глибинний міцелій – від білого до жовтого.

Що стосується рідких поживних середовищ, то при культивуванні на качалці утворюються гранулоподібні міцеліальні колонії, які в подальшому розвиваються у плівки незабарвлені або брудно-жовтого кольору [1].

### 3.2. Фізіолого-біохімічні ознаки

Найбільш допустимими джерелами вуглецю являється глюкоза, сахароза, фруктоза і крохмаль. Крім джерел вуглецю та азоту грибам необхідні численні мінеральні елементи. Найважливіші серед них – фосфор, сірка, калій, магній, мікроелементи. Ці мінеральні речовини засвоюються грибами загалом у вигляді солей. Так, наприклад, фосфор засвоюється грибами у вигляді органічних фосфатів, фосфат- ефірів, а також у формі фосфорної кислоти.

Важливу роль у фізіології грибів відіграють наступні 9 елементів: Mn, Fe, Al, Cr, Cu, Zn, B, Br, I. Ефективність цих елементів дуже висока: вони сприяють осадженню колоїдів. Загалом, мікроелементи збільшують стійкість вищих грибів до захворювань [2].

Для розвитку і розмноження грибам необхідні вітаміни. Це складові частини ферментів, що керують у клітинах важливими процесами

життєдіяльності. Численні гриби можуть синтезувати вітаміни із простих поживних середовищ, але для деяких видів грибів вітаміни повинні надходити у готовому вигляді для засвоєння. Дуже важливими для росту, розвитку і розмноження грибів є вітаміни В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, біотин, амід нікотинової кислоти.

Вищі базидіальні гриби відносяться до так званих гетеротрофних організмів по відношенню до одного (чи декількох) вітамінів із комплексу вітамінів групи В. Найчастіше ці гриби мають потребу в одному факторі, а саме у вітаміні В<sub>1</sub>.

Клітина гриба складається з клітинної стінки (зовні вона часто буває слизовим шаром-капсулою), цитоплазми з цитоплазматичною мембраною, ендоплазматичної сітки, мембран, рибосом та ядер. Іноді у клітині гриба є вакуолі та різноманітні включення. В якості основних компонентів клітинна стінка містить хітин, полісахариди, білки та жири. Ядер може бути одне чи декілька. Роль запасної речовини виконує глікоген. Крохмаль у грибів відсутній. Клітини не містять пластид та хлорофілу, тому нездатні до фотосинтезу [3].

## РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### 4.1. Обґрунтування вибору технології біологічної переробки відходів

На сьогодні існує декілька різних технологій компостування органічних відходів. Зокрема виділяють аеробне та анаеробне компостування, із застосуванням мікроорганізмів, грибів або вермикомпостування. Загалом, одні й ті самі біологічні процеси можна проводити в контрольованих умовах (біобарабани, компостери) або в польових умовах (бурти, компостувальні майданчики).

Вибір технології головним чином залежить від масштабів процесу: кількості вихідної сировини, бажаної тривалості отримання вихідного продукту, а також від економічних факторів. Градація різновидів технологій компостування подана в таблиці [42]:

*Таблиця 4.1*

Технологія компостування	Опис
Мінімальна технологія	Компостні купи 4 м в висоту, 6 м в ширину. Перегортання 1 раз на рік. Тривалість 1-3 роки. Необхідна велика санітарна зона
Технологія низького рівня	Компостні купи 2 м в висоту та 3-4 в ширину. Перегортання спочатку через місяць, в подальшому кожні 10 місяців. Тривалість 16-18 місяців
Технологія середнього рівня	Необхідна спеціальна аерація компостних куп. Тривалість 2-3 місяці
Технологія високого рівня	Аерація механічна в спеціальних установках. Тривалість 2-10 тижнів

З наведеної вище класифікації технологій компостування можна зробити висновок, що дешеві й прості технології займають більше часу й вимагають більше місця. Дотримуючись технології можна одержати добриво високої якості.

Біотермічні камери і безкамерне компостування із примусовою аерацією слід застосовувати для маленьких міст і селищ із населенням до 50 тис. жителів, польове компостування - у містах з населенням 50-500 тис. жителів. У населених

пунктах з населенням більше чому 500 тис. жителів дозволено використовувати промислове компостування [43].

Проаналізувавши існуючі конструкції біотермічних барабанів, слід зазначити, що найвищу ефективність мають конструкції, обладнані мішалками, що забезпечує високий рівень масообміну та аерації [45].

При проектуванні установок для компостування слід враховувати хімічний склад відходів, які стануть сировиною для переробки. Зазначимо, що целюлозовмісні відходи, які вже пройшли попередню ферментацію з використанням базидіоміцетів, мають недостатній вміст N у відношенні до C. Таким чином, для досягнення оптимального співвідношення C:N слід додавати інший вид відходів. Це може бути активний мул з споруд для очищення води, каналізаційні відходи або ж відходи тваринництва (гній, гноївка).

З огляду на це дуже вигідним є спільне компостування відходів у випадку розташування поруч тваринницьких комплексів та сільськогосподарських підприємств. ТДВ спеціалізується на вирощуванні їстівних грибів шийтаке та деяких інших видів грибів. На підприємстві утворюється 2450 кг лігнінцелюлозовмісних відходів (використаних субстраних блоків) на добу.

Поруч із підприємством розташована ферма, яка спеціалізується на розведенні великої рогатої худоби (поголов'я нараховує 40 корів). На фермі утворюються відходи- гній.

Як було зазначено вище, при таких відносно невеликих обсягах утворення відходів найбільш доцільною технологією їх переробки є компостування з використанням біобарабана.

## 4.2 Обґрунтування вибору конструкції біобарабана для компостування

### 4.2.1 Розрахунок добового та річного виходу гнойової біомаси

Добовий вихід безпідстилкового гною визначається за формулою:

$$Q_{\text{г}} = (M_{\text{ЕJ}} + \text{BJ}) \frac{n_{\text{J}}}{1000} = (55 + 22) \frac{40}{1000} = 3,08 \text{ т} \quad (1)$$

де  $Q_{\text{г}}$  – добовий вихід гною, т;

$M_{\text{ЕJ}}$  – добова маса екскрементів від однієї голови, кг (табл. 4.1); за таблицею, 55 кг

$\text{BJ}$  – добова кількість води, яка потрапляє в систему гноєвидалення, кг;

$nJ$  – поголів'я тварин чи птиці виробничої групи, що одночасно утримується на фермі чи комплексі, гол. Згідно умови, 40 голів.

Таблиця 4.1. Добовий вихід екскрементів від тварин

Вікові групи тварин	Вихід, кг/добу		
	кал	Сеча	всього
Велика рогата худоба:			
корови	35	20	55
нетелі	20	7	27
телята 0-6 міс.	5,0	2,5	7,5
Молодняк на відгодівлі:			
6 міс.	10	5	15
9 міс.	10	9	19
12 міс.	14	12	26
Свині: свиноматки	3,1	3,0	6,1
поросята: 2 міс.	0,8	2,5	3,3
3-4 міс.	1,4	2,2	3,6
підсвинки: 6 міс.	1,6	2,6	4,2
свині на відгодівлі	1,5	3,5	5,0
Кури			0,27-0,32
Індики			0,45-0,40
Качки			0,40-0,50
Гуси			0,60-0,70

Добова кількість води ( $VJ$ ), яка потрапляє в систему гноєвидалення, розраховується за формулою:

$$VJ = K \cdot M_{EJ} = 0,4 \cdot 55 = 22,0 \text{ кг} \quad (2)$$

де  $K$  – коефіцієнт (приймають за табл. 4.2).  $K=0,4$

Добова кількість води, яка потрапляє в систему гноєвидалення, розраховується за формулою (2).

Таблиця 4.2. Добова кількість води, що потрапляє в систему гноєвидалення

Система видалення	Коефіцієнт, який розраховується від добового виходу екскрементів тварин
Транспортерна (конвеєрна)	0,1-0,2
Самосплавна	0,3-0,5
Лотково-змивна з сухою чисткою підлоги	2,0-2,5
Лотково-змивна з вологою чисткою підлоги	5,0-6,0
Гідрозмив	7,0-8,0

Вологість безпідстилкового гною визначається за формулою:

$$W_{\Gamma} = \frac{W_E + (100 \cdot Z)}{1 + Z} = \frac{86 + 45}{1,45} = 88\%, \quad (3)$$

де  $W_{\Gamma}$  – відносна вологість гною, %;

$W_E$  – відносна вологість екскрементів, % (приймаємо 86%);

$Z$  – показник, який враховує кількість води, що потрапляє в систему гноєвидалення (приймаємо за табл. 4.3 дорівнює 0,45) [44].

Таблиця 4.3. Показник, який враховує кількість води що потрапляє в систему гноєвидалення

Спосіб видалення гною	$Z$
Транспортерний (конвеєрний)	0,2-0,3
Самосплавний	0,4-0,5
Лотково-змивний з сухим чищенням підлоги	2,0-2,5
Лотково-змивний з вологим чищенням підлоги	5,0-6,0
Гідрозмив	7,0-8,0

## 4.2 Обґрунтування вибору конструкції біобарабану.

Для *розрахунку об'єму сировини* приймається співвідношення по масі:

1. 60 % - органічна фракція
2. 40 % - гній

В даній суміші: співвідношення C:N становить близько 25 %, вологість суміші 60%, насипна маса (щільність): 722 кг/м<sup>3</sup>.

Таблиця 4.4 .Вихідні дані для розрахунку складу суміші

	C% від сухої маси	N % від сухої маси	Вологість, %	Щільність, т/м <sup>3</sup>
Органічна фракція	35	1,1	40	0,6
Гній	27	2,7	88	0,9

Для забезпечення нормального протікання процесу компостування необхідно, щоб співвідношення вмісту вуглецю до нітрогену (C:N) становило 25-30, вологість 60-70%.

Розраховуємо співвідношення органічних відходів і гною

Враховуючи вологість 1 кг органічних відходів буде містити:



$$m(C) = 350 \cdot 0,6 = 210 \text{ г} \quad (4)$$

$$m(N) = 11 \cdot 0,6 = 6,6 \text{ г} \quad (5)$$

1 кг гною буде містити :

$$m(C) = 270 \cdot 0,12 = 32,4 \text{ г} \quad (6)$$

$$m(N) = 27 \cdot 0,12 = 3,24 \text{ г} \quad (7)$$

Перевіряємо чи задовольняє співвідношення органічні відходи :  
гній=2:1 вимогу до вмісту вуглецю і нітрогену.

3 кг суміші буде містити:

$$m(C) = 2 \cdot 210 + 32,4 = 452,4 \text{ г} \quad (8)$$

$$m(N) = 2 \cdot 6,6 + 3,24 = 16,44 \text{ г} \quad (9)$$

$$C:N = 452,4:16,44 = 27,5 \quad (10)$$

Тоді 1 кг суміші органічні відходи:гній=2:1 містить:

$$m(C) - 150,7 \text{ г}$$

$$m(N) - 5,48 \text{ г}$$

Визначаємо вологість суміші орг. відходи :гній =2:1

$$W = \frac{(20,41 + 0,88)}{3} = 0,56\% \quad (11)$$

Для забезпечення необхідної вологості потрібно додавати воду [46].

#### 4.2.2 Розрахунок камери барабана

Для розрахунку об'єму барабана:

- норма накопичення гною з ферми- 3,08 т/добу , отже - потужність підприємства по відходах вийде 3080 кг/добу.

Насипна маса органічної фракції : 722 кг/м<sup>3</sup>

Коефіцієнт заповнення компостувального барабана 0,6

Інтенсивність аерації 1,2 м<sup>3</sup>/кг добу

Слід зазначити, що 3080 кг/добу за попереднім розрахунком становить лише 40% від загальної маси, що завантажується в барабан.

Інші 60% загальної маси становить фракція рослинних відходів . Проте як було зазначено вище, їх на підприємстві утворюється дещо менше, тому саме кількість цього виду сировини оберемо лімітуючою.

Розрахуємо загальну масу утворених за добу відходів потрібної концентрації.

$$m(\text{заг}) = \frac{(2458 \cdot 100)}{60} = 4083 \text{ кг / добу} \quad (12)$$

#### 4.2.3 Розрахунок розмірів барабана

Об'єм барабана потрібно розраховувати в залежності від необхідної тривалості перебування і добової витрати сировини

$$V = \frac{m(\text{заг})}{m(\text{нас})} = \frac{4083}{731} = 5,58 \text{ м}^3 \quad (13)$$

З розрахунком на коефіцієнт заповнення барабану - 0,6 – об'єм барабана становитиме :

$$V = 9,3 \text{ м}^3 \quad (14)$$

Відношення довжини барабана до діаметру повинне становити  $4 \div 7$ ; приймаємо  $L:D = 5$ . Діаметр барабана знаходять із співвідношення:

$$V = \pi r^2 L = \pi (2D)^2 L \quad (15)$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{V}{2,748}} = \sqrt[3]{\frac{9,3}{2,748}} = 1,51 \text{ м} \quad (16)$$

Довжина барабана:

$$L = 6 \cdot d = 6 \cdot 1,51 = 9,06 \text{ м} \quad (17)$$

Обираємо типовий барабан з діаметром  $d=1,5 \text{ м}$  і довжиною  $L=10 \text{ м}$ .

Таблиця 4.5 Характеристики біобарабана КМ-101

Внутрішній діаметр, м	4
Довжина, м	36
Товщина стінки, мм	20
Геометричний об'єм, м <sup>3</sup>	45
Корисний об'єм, м <sup>3</sup>	24
Потужність головного привода, кВт	125
Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	725
Загальна маса барабана, т	32,4

Час перебування матеріалу у барабані

$$\tau = \frac{V \rho_{cp} \beta}{G_{cp}} = \frac{18,5 \cdot 722 \cdot 0,6}{0,095} = 85263 \text{ сек} = 1 \text{ доба} \quad (18)$$

де  $G_{cp}$ - середня маса матеріалу, що проходить через барабан;  $\alpha = 0,6$ - коефіцієнт заповнення барабана;  $\rho = 722 \text{ кг/м}^3$  середня насипна щільність матеріалу.

Барабани мають кут нахилу до горизонту  $0,5-6^\circ$ ; приймаємо  $\alpha = 2^\circ$ ,  $\tan \alpha = 0,035$ . Та частоту обертів -  $0,2-0,3 \text{ об/хв}$

#### 4.2.4 Розрахунок втрат тепла в довкілля

##### 4.1. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК РЕАКТОРІВ

В процесі нагрівання сировини в барабані тепла енергія підводиться теплоносієм, що поступає в теплообмінний пристрій апарата (сорочку).

Теплота, що надходить до середовища в реакторі при нагріванні:

$$Q_c = m_c \cdot C_{cp1} \cdot (t_{K1} - t_{H1})$$

Де  $m_c$  – маса середовища;

$C_{cp1}$  – питома теплоємність середовища в апараті при середній температурі нагрівання ( $t_{cp} = \frac{t_{H1} - t_{K1}}{2}$ );

$t_{K1}$  – кінцева температура в середовищі (тут: задана температура середовища в апараті  $t_{c1} = 30^\circ\text{C}$ ).

$t_{H1}$  – початкова температура середовища (приймаємо кімнатну температуру  $20^\circ\text{C}$ ).

Маємо масу середовища:

$$m_c = V \cdot \rho_c$$

$$m_c = 4083 \text{ (кг)}$$

Середня температура нагрівання:

$$t_{cp} = \frac{30 - 20}{2} = 10^\circ\text{C}$$

Питома теплоємність сировини за середньою температурою обчислюється за формулою:

$$C_{cp1} = 4,073 \cdot 0,00134 \cdot (14,4 \cdot 10 - 25) = 3,91 \left( \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right)$$

Таким чином теплота, що надходить:

$$Q_c = 4083 \cdot 3,91 \cdot (30 - 20) = 159,645 \text{ (кДж)}$$

Теплота, що витрачається на нагрівання барабана:

$$Q_a = m_a \cdot C_a \cdot (t_{Ka} - t_{Ha})$$

Де  $m_a$  – маса барабана, розрахована за формулою:

$$m_a = 230 \cdot P \cdot D^3$$

(тут  $P$  – тиск в апараті);

$C_a$  – питома теплоємність матеріала, з якого виготовлений реактор (Для вуглецевих сталей  $C_a = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ );

$t_{Ka}$  та  $t_{Ha}$  – початкова і кінцева температури реактора при нагріванні,  $^{\circ}\text{C}$  (приймаємо початковою температуру середовища на початку процесу, тобто  $t_{Ha} = 20^{\circ}\text{C}$ );  $t_{Ka}$  – приймаємо за  $32^{\circ}\text{C}$ .

Маса реактора:

$$m_a = 230 \cdot P \cdot D^3 = 230 \cdot 0,1 \cdot 1,5^3 = 77,625 \text{ (кг)}$$

Таким чином шукана теплота:

$$Q_a = 77,625 \cdot 500 \cdot (32 - 20) = 1907712 \text{ Дж} = 1907,7 \text{ кДж}$$

Теплота, що виділяється в результаті дисипації механічної енергії від перемішуючих пристроїв:

$$Q_{\text{дис}} = N \cdot \tau_{\text{пер}}$$

$$Q_{\text{дис}} = 1954,83 \cdot 0,75 = 1466,12 \text{ (Вт)}$$

Втрати теплоти в навколишнє середовище при нагріванні:

$$Q_{\text{втр}} = 0,03(Q_c + Q_a + Q_{\text{дис}})$$

$$Q_{\text{втр}} = 0,03(1907,7 + 1466,12 + 354,365) = 111,8 \text{ кДж}$$

Рівняння теплового балансу:

$$Q_T = Q_a + Q_c + Q_{\text{втр}} + Q_{\text{дис}}$$

$$Q_T = 1907,7 + 111,8 + 1466,12 + 354,365 = 3839,985 \text{ кДж}$$

Витрата теплоносія:

$$G = \frac{Q_T}{r \cdot \tau_{\text{пер}}}$$

Де  $r$  – питома теплота пароутворення (приймаємо при температурі 32°C – 2260 кДж/кг).

$$G = \frac{3839,985}{2260 \cdot 0,75} = 2,27 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

#### 4.2. ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ РІЗНИЦІ ТЕМПЕРАТУР

Середня різниця температур визначається для режиму нагрівання середовища в реакторі теплоносієм, що не змінює агрегатний стан за формулою:

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_{K1} - t_{H1}}{\ln \frac{\theta_H - t_{H1}}{\theta_H - t_{K1}}} \cdot \frac{A - 1}{A \cdot \ln A}; A = \frac{\theta_H - t_{K1}}{\theta_K - t_{K1}}$$

де  $\theta_H$  і  $\theta_K$  – початкова і кінцева температури теплоносія відповідно, °C (35 та 32,5 відповідно) ;

$t_{H1}$  і  $t_{K1}$  – початкова і кінцева температури середовища в процесі нагрівання (20 і 30 відповідно);

Значення  $A$ :

$$A = \frac{34 - 30}{32,5 - 30} = 1,6$$

Значення середньої різниці температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{30 - 20}{\ln \frac{35 - 20}{35 - 30}} \cdot \frac{1,6 - 1}{1,6 \cdot \ln 1,6} = 20 [6]$$

Для апаратів з рубашкою при перемішуванні мішалкою коефіцієнт тепловіддачі від рідини, яка перемішується, до стінки визначається з виразу [13]:

$$Nu = 0,36 \cdot Re^{0,67} Pr^{0,33} \left( \frac{\mu_{печ}}{\mu_{ст}} \right)^{0,14}.$$

Критерій Нусельта [14]:

$$Nu = \frac{\alpha_1 D_{вн}}{\lambda},$$

$$\frac{\alpha_1 D_{вн}}{\lambda} = 0,36 \left( \frac{\rho n d_m^2}{\mu_{печ}} \right)^{0,67} \left( \frac{c_p \mu_{печ}}{\lambda} \right)^{0,33} \left( \frac{\mu_{печ}}{\mu_{ст}} \right)^{0,14}.$$

Звідси коефіцієнт тепловіддачі від рідини, що перемішується, до стінки :

$$Nu = 0,36 \cdot \left( \frac{1034,837 \cdot 2,67 \cdot 0,63^2}{1,086 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,67} \cdot \left( \frac{3920 \cdot 1,086 \cdot 10^{-3}}{0,566} \right)^{0,33} \cdot \left( \frac{1,086 \cdot 10^{-3}}{1,086 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,14} = 10539,9 \cdot 1,94 \cdot 1 = 20512$$

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda}{D_{вн}} = \frac{20512 \cdot 0,566}{2,4} = 4837 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Розрахуємо коефіцієнт тепловіддачі від води до стінки апарата.

Знайдемо середню температуру стінки апарата :

$$t_{ст} = \frac{t_{печ} + \Delta t_{ср}}{2} = \frac{30 + 20}{2} = 25^\circ\text{C}.$$

Тоді різниця температур [12]:

$$\Delta t_2 = t_{ст} - \Delta t_{ср} = 5^\circ\text{C},$$

де  $\Delta t_{ср}$ - середня різниця температур теплоносія .

Тоді відповідно :

$$Gr \cdot Pr = H_p^3 \cdot \Delta t_2 \cdot B = 2,15^3 \cdot 5 \cdot 60 \cdot 10^9 = 2981 \cdot 10^9,$$

де  $B = 60 \cdot 10^9$  - коефіцієнт, який відповідає значенню середньої температури води;  $H_p = 2,15 \text{ м}$  – рівень рідини в апараті.

Критерій Нусельта [15]:

$$Nu_2 = C(Gr \cdot Pr)^a = 0,36 \cdot (2981 \cdot 10^9)^{0,33} = 4708,$$

де  $C, a$  – коефіцієнти при  $GrPr > 10^9$ ,  $C = 0,15$ ,  $a = 0,33$ .

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки апарата до води :

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_{\text{в}}}{H_{\text{руб}}} = \frac{4708 \cdot 0,6}{2,475} = 1141 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К'}}$$

де  $\lambda_{\text{в}} = 0,6 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$  – теплопровідність води;  $H_{\text{руб}} = 2,475 \text{ м}$  – висота рубашки.

Розрахуємо термічний опір стінки апарата [14]:

$$\frac{\delta}{\lambda_{\text{ст}}} = \frac{0,08}{40,6} = 1,97 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К'}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4837} + 1,97 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{1141}} = 326 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Розрахуємо необхідну поверхню теплообміну реактора:

Час нагрівання  $\tau = 45 \text{ хв} = 2700 \text{ с.}$  , тоді площа поверхні теплообміну :

$$F = \frac{Q_{\text{н}}}{K\tau\Delta t_{\text{ср}}} = \frac{3839985}{326 \cdot 2700 \cdot 20} = 2,18 \text{ м}^2.$$

$$2,18 \text{ м}^2 < 20 \text{ м}^2.$$

Розрахована площа теплообміну, є меншою ніж стандартна, тобто забезпечує необхідну температуру у реакторі протягом його роботи без додаткових теплообмінників. [16]

#### 4.2.6 Тепловий баланс для сировини, що змішується

$$C \cdot m \cdot dt = C \cdot m \cdot dt$$

$$C \cdot 7768 \cdot (70 - t_{\text{к}}) = C \cdot 338 \cdot (t_{\text{к}} - 20)$$

$$t_{\text{к}} = (m_1 \cdot t_1) + (m_2 \cdot t_2) / (m_1 + m_2) = (7768 \cdot 70) + (338 \cdot 20) / (7768 + 338) = 68 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

При подачі повітря з температурою  $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$  температура суміші становитиме:

$$C_{\text{пов}} \cdot V \cdot \rho_{(\text{пов})} (t_{\text{п}} - t_{\text{к}}) = C \cdot m_{\text{від}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{відх}})$$

$$t_{\text{к}} = (C_{\text{пов}} \cdot V \cdot \rho_{(\text{пов})} \cdot t_{\text{п}} + C \cdot m_{\text{від}} \cdot t_{\text{відх}}) / (C_{\text{пов}} \cdot V \cdot \rho_{(\text{пов})} + C \cdot m_{\text{від}}) =$$

$$= (1000 \cdot 338 \cdot 1,225 \cdot 80 + 3314 \cdot 8106 \cdot 56) / (1000 \cdot 338 \cdot 1,225 + 3314 \cdot 8106) =$$

$$56,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

338- об'єм повітря, що подається за 1 годину при інтенсивності аерації  $20 (\text{м}^3/\text{т год})$

$\rho$  - густина сухого повітря при  $15^{\circ}\text{C}$  на рівні моря складає  $1,225 \text{ кг/м}^3$ ;  
питома теплоємність повітря –  $1000 \text{ Дж/(кг C)}$

Приймаємо, що саморозігрівання суміші становить 2 °С за год.

Отже, було проведено аналіз існуючих технологій компостування органічних відходів, і відповідно до вихідних параметрів обрано аеробне компостування з використанням біобарабана. За результатами розрахунків було обрано типовий біотермічний барабан марки КМ-101, також були проведені розрахунки теплообмінника.



## РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Опис технологічного процесу

#### **ДР 1. Санітарна підготовка виробництва**

##### ***ДР 1.1. Підготовка персоналу***

Підготовка персоналу включає в себе: навчання, інструктаж з правил роботи в «чистих» приміщеннях та з правил особистої гігієни і техніки безпеки; контроль знань персоналу (1 раз на рік, медичне обстеження персоналу і плановий контроль здоров'я персоналу.

##### ***ДР 1.2. Підготовка миючих та дезінфікуючих розчинів***

###### ***ДР 1.2.1. Приготування миючого розчину***

Готується водний розчин синтетичного миючого засобу «Лотос» для достерилізаційного миття хімічного посуду, а також миття підлоги та столів в приміщеннях підприємства. Концентрація розчину складає 0,5% (*Km1.2.1.*) за масою.

###### ***ДР 1.2.2. Приготування дезінфікуючих розчинів перекису водню***

Готується розчини перекису водню з концентрацією 3% (*Kx1.2.2.*). Для приготування розчину використовують пергідроль концентрацією 30% та дистильовану воду для запобігання передчасного розкладення перекису. Готовий розчин зберігається в емальованих ємностях без вибоїн і тріщин.

Для приготування 10 літрів 3% розчину перекису водню беруть 1 літр 30% розчину та додають 9 літрів питної води.

При роботі з перекисом водню треба використовувати гумові рукавиці, фартух та захисну маску або окуляри з органічного скла.

###### ***ДР 1.2.3. Приготування дезінфікуючого розчину спирту етилового 76%***

Готується розчин етанолу з концентрацією 76% (*Km1.2.3.*) для його приготування використовують 96% розчин спирту етилового та питну воду. Для приготування 10 літрів 76% розчину спирту беруть 7,9 літра 96% розчину та додають 2,1 літра питної води.

#### ***ДР 1.3. Підготовка приміщень***

##### ***ДР 1.3.1. Щоденне прибирання***

Виробничі приміщення підлягають щоденному прибиранню. Прибирання проводять у гумовому взутті, гумових рукавичках і фартуху. Інструмент, призначений для миття (відра, губки, швабри) маркують і знезаражують на протязі 2-3 годин у 3% розчині перекису водню.

Стіни, двері і інші поверхні протирають поролоновою губкою, яка змочена дезінфікуючим розчином (спирт етиловий від ДР 1.2.2) з розрахунку 100-150 мл/м<sup>2</sup> поверхні, потім цим же розчином миють підлогу.

#### *ДР 1.3.2 Генеральне прибирання*

Генеральне прибирання приміщень проводять 1 раз в 5-6 днів. Стіни, двері та інші поверхні приміщень сприскують 3% розчином перекису водню, приміщення закривають на 30-40 хвилин, після чого надлишок розчину видаляють поролоновою губкою.

У виробничих приміщеннях підлогу миють 0,5% розчином миючого засобу із розрахунку 100 мл/м<sup>2</sup> поверхні підлоги.

Після закінчення обробки чисті приміщення звільнюють від персоналу та включають бактерицидні лампи на 2 години. Не менше ніж за 30 хвилин до початку роботи включають вентиляцію.

#### *ДР 1.4. Підготовка технологічного одягу*

##### *ДР 1.4.1. Огляд одягу*

Після доставки одягу зі складу та перед кожним пранням його оглядають на предмет механічних пошкоджень (*Км1.4.1.*).

Зношений одяг передається на стадію знешкодження відходів.

##### *ДР 1.4.2. Прання одягу*

Прання одягу проводиться у пральній машині. До миючого засобу висуваються наступні вимоги: висока ефективність очищення одягу, легке відмивання, нешкідливість у залишкових кількостях.

У якості миючого агенту доцільно використовувати водопровідну воду з миючим засобом з огляду на її невисоку вартість.

Ополіскування одягу проводиться у пральній машині, для зняття залишкових кількостей миючого засобу з одягу. Ополіскування повинно проводитися очищеною водою. Це дозволяє частково видалити контамінуючу

мікрофлору з одягу. На кожен кілограм одягу повинно приходиться не менше 20л води очищеної.

#### *ДР 1.4.3. Сушіння, пакування одягу*

Сушіння одягу проводять у спеціальних приміщеннях або сушильних шафах повітрям, яке пройшло одно- чи двостадійну очистку.

Пакування одягу перед стерилізацією проводять безпосередньо після сушіння у тому ж приміщенні. Одяг пакують у пергамент і складають у бокси. Це дозволяє звести до мінімуму час контакту одягу з оточуючим середовищем. Після пакування одяг передають на стерилізацію.

#### *ДР 1.4.4 Стерилізація одягу*

Для стерилізації одягу використовується метод термічної стерилізації, який є достатньо простим, та ефективним. Стерилізація проводиться у автоклаві, 30 хвилин при температурі 120°C. Вивантаження одягу з стерилізатора здійснюється в приміщення класу С, яке контактує з іншими приміщеннями підготовки персоналу через повітряний шлюз (*Кт 1.4.4.*).

#### *ДР 1.4.5 Зберігання одягу*

Для забезпечення чистоти одягу він повинен зберігатися в умовах, що виключають можливість контамінації (*Кт 1.4.5.*). Такими умовами є зберігання одягу в пакетах з пергаменту під бактерицидними лампами у шафі, не більше як 1-2 доби.

### ***ДР 1.5. Підготовка обладнання та комунікацій***

#### *ДР 1.5.1. Миття обладнання та комунікацій*

Миття обладнання та комунікацій проводиться для очищення обладнання від забруднень з допомогою водопровідної води, миючих та дезінфікуючих розчинів (*Кт1.5.1.*). Температура миючого розчину  $t=70-80^{\circ}\text{C}$ .

Ополіскування обладнання проводиться для зняття залишкових кількостей миючого засобу. Ополіскування повинно проводитися водопровідною водою.

#### *ДР 1.5.2. Стерилізація обладнання*

Для стерилізації обладнання використовується метод термічної стерилізації гарячою водою, що подається в сорочку апарата. Стерилізація проводиться 1,5 год при температурі 100°C (*Кт.1.5.2.*).

## **ДР 2. Підготовка повітря**

### ***ДР 2.1 Підготовка повітря для виробничих приміщень***

#### ***ДР 2.1.1. Забір повітря***

Забір повітря відбувається з атмосфери з висоти 6 метрів над рівнем даху виробничої будівлі, за допомогою осьового вентилятору В-2. Вентилятор обладнаний металевою сіткою для видалення забруднень.

#### ***ДР 2.1.2. Фільтр грубої очистки***

Повітря фільтрується волоконним фільтром Ф-3 для видалення механічних частинок. Фільтр FP 780 Q, пропускна здатність - 780 м<sup>3</sup>/год

#### ***ДР 2.1.3. Нормалізація температури повітря***

Повітря подається в теплообмінник ТО-4, при цьому в залежності від пори року в теплообмінник подається холодна вода або пара низького тиску. Температура повітря на виході регулюється швидкістю подачі теплоносія (Км.2.1.3.).

В холодний період року температура повітря передбачена на рівні 20±2°C, в теплий — 23±2°C.

#### ***ДР 2.1.4. Очистка повітря на головному фільтрі***

При очистці повітря у головному фільтрі відбувається часткове видалення мікроорганізмів. Головний фільтр являє собою електростатичний фільтр Ф-5, конструкція якого дозволяє затримувати до 95% механічних забруднень. Використання електростатичного фільтра дозволяє підвищити строк експлуатації основних фільтрів.

#### ***ДР 2.1.5. Підготовка повітря для приміщень класу D.***

Після очистки на головному фільтрі повітря подається у фільтр Ф-6, фільтруючим матеріалом якого є тканина Петрянова. Клас фільтра за Eurovent 779 – EU5, ефективність фільтру 85%, допустиме навантаження – 5400-6000 м<sup>3</sup>/(год×м<sup>2</sup>) (Км 2.1.5).

#### ***ДР 2.1.6. Підготовка повітря для приміщень класу С.***

Для очистки повітря приміщень класу С використовують фільтр Ф-7, типу НЕРА. фільтруючим матеріалом якого є скло папір, на основі мікро тонких волокон. Клас фільтра за Eurovent 779 – EU8, ефективність фільтру 99,95%,

допустиме навантаження –  $1000-4000 \text{ м}^3/(\text{год} \times \text{м}^2)$ . Вихідним повітрям даної стадії є повітря підготовлене на попередній стадії (Км 2.1.6).

*ДР 2.1.7. Підготовка стерильного повітря для зони формування субстратних блоків*

На фільтрі Ф-8 зі стерилізуючим ефектом типу ULPA(EU15-EU17) відбувається очистка повітря від дрібних частинок пилу та мікроорганізмів, які потрапили в систему після проходження фільтрів попередньої очистки. Ці фільтри забезпечують ступінь очистки від мікроорганізмів та їх спор до 99,9999% за частинками 0,12 мкм. Вихідним повітрям даної стадії є повітря підготовлене на попередній стадії. Фільтри даного типу непридатні для регенерації.

Повітря подається в напрямку до робочої зони через фільтри, що займають усю стіну чи стелю, і видаляється через поверхню, протилежну до входу повітря. Системи ламінарного повітряного потоку забезпечують рівномірну швидкість руху повітря: близько 0,30 м/с для вертикального і близько 0,45 м/с для горизонтального потоків (Км.2.1.7.). Підготовка і контроль повітря на механічні включення і на вміст мікробів (Км 2.1.7.), а також оцінка ефективності роботи повітряних фільтрів повинні проводитися відповідно до нормативно-технічної документації.

***ДР 2.2. Підготовка повітря для камер вирощування.***

Кожна камера вирощування має індивідуальну систему контролю мікрокліматичних показників. Обладнання, що використовується на стадіях ДР 2.2.1 та ДР 2.2.2. є спільним для всіх камер.

*ДР 2.2.1. Забір повітря.*

Забір повітря відбувається з атмосфери з висоти 6 метрів над рівнем даху виробничої будівлі, за допомогою осьового вентилятору В-10.

*ДР 2.2.2. Фільтр грубої очистки*

Повітря фільтрується волоконним фільтром Ф-11 (G3-G4) для видалення механічних частинок.

*ДР 2.2.3 Регулювання температури повітря.*

Регулювання температури повітря здійснюється за допомогою послідовно встановлених камери нагрівання (КН-12) з електричними тенами та теплообмінника (ТО-13) зі змінною швидкістю холодоагента. В залежності від потреби вмикаються електричні або холодоагент подається до охолоджуючого теплообмінника (Кт.2.2.3.).

Температури повітря, в залежності від стадії циклу, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

#### Регулювання температури повітря

Назва стадії	Температура повітря, °С
Ініціація плодоутворення	10-12
Плодоутворення	10-18
Плодоношення	15-25
Період спокою	20-26

#### ДР 2.2.4. Очистка повітря на головному фільтрі.

При очистці повітря у головному фільтрі відбувається часткове видалення мікроорганізмів. Головний фільтр являє собою електростатичний фільтр Ф-14.

#### ДР 2.2.5 Зволоження повітря.

Повітря подається у камеру змішування К-16 , куди одночасно подається водяна пара. Об'єм камери становить 250 м<sup>3</sup>. Регулювання вологості повітря здійснюється за рахунок кількості пари, що подається (Кт.2.2.5.).

Вологість повітря, в залежності від стадії циклу, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

#### Регулювання вологості повітря

Назва стадії	Відносна вологість, %.
Ініціація плодоутворення	≥90%
Плодоутворення	≥90%
Плодоношення	80-90%
Період спокою	70-80%

#### ДР 2.2.6 Відбір повітря на рециркуляцію.

В залежності від стадії розвитку субстратного блоку концентрація СО<sub>2</sub> (Кт.2.2.6.) в камері різниться. Для регулювання даного параметру частина

повітря з камери відбирається, за допомогою регульованих заслінок, і подається на рециркуляцію.

Вміст CO<sub>2</sub>, в залежності від стадії циклу, наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3.

#### Регулювання вмісту CO<sub>2</sub> повітря

Назва стадії	Вміст CO <sub>2</sub> , %.
Ініціація плодоутворення	0,1-0,2%
Плодоутворення	0,3%
Плодоносіння	0,1-0,2%
Період спокою	—

### ДР 3. Приготування посівного матеріалу.

#### ДР 3.1. Відновлення музейної культури.

Відновлення музейної культури проводиться на твердих агаризованих поживних середовищах (сусло-агар) протягом 10 діб при 28°C (Км.3.1.), з початковим рН=5-7, в чашках Петрі з дотриманням всіх правил асептики (Км 3.1.). Пересів в чашки Петрі повинен проводитись в стерильних або ламінарних боксах.

### ДР 4. Підготовка субстрату.

Для вирощування шийтаке використовують субстрати на основі тирси деревини листяних дерев, склад якого наведений в таблиці 8.4. [1].

Процес проводять у вертикальному змішувачі-стерилізаторі ЗС-17, який обладнаний сорочкою та мішалкою. Апарат вмонтований в стіну, таким чином, що зона завантаження компонентів субстрату і зона інокуляції та формування блоків знаходяться в різних приміщеннях. Таким чином, досягається мінімальний ризик контамінації субстратних блоків після стерилізації.

Таблиця 5.4.

#### Склад субстрату

Компонент субстрату	Масова частка від сухої маси, %
Крупна тирса (розмір щепи ≥ 10 мм)	40
Дрібна тирса (розмір щепи < 10 мм)	40
Пшеничні висівки	15
Крейда	1-5
Гіпс	1-5

#### ***ДР 4.1 Змішування компонентів субстрату.***

Так як субстрат містить сухі речовини спочатку змішують сипкі компоненти, а потім отриману суміш зволожують до загальної вологості 60% (Кт 4.1.). Компоненти дозуються вручну, на вагах відповідного призначення. Вода дозується за допомогою ротаметра. Завантаження проводиться вручну через люк завантаження.

#### ***ДР 4.2. Пастеризація субстрату.***

Пастеризація субстрату проводиться гарячою водою, що подається в рубашку змішувача-стерилізатора, одночасно проводиться перемішування. Субстрат пастеризується 4 години при температурі 100 °С (Кт.4.2.). Після чого субстрат охолоджується водою, що подається в рубашку, до 28°С (Кт.4.2.).

#### **ТП 5. Інокуляція**

Інокуляцію проводять поміщаючи посівний матеріал стерильно у спеціальний бункер, де він подається за допомогою вібраційного пристрою до горизонтального шнеку.

#### **ТП 6. Формування субстратних блоків**

Проінокульований субстрат подається шнековим транспортером до дозатору, який встановлений в ламінарному потоці стерильного повітря, та фасують в пакети, що обладнані фільтрувальними вставками для газообміну. Пакети, що використовуються для формування блоків стерилізуються у автоклаві при температурі 120°С протягом 1,5 годин.

Маса кожного блоку становить 1,8-2кг, щільність готового пакету складає 0,6 кг/м<sup>3</sup>. Пакети мають фіксовані габарити (150x120x450 мм), що дозволяє вручну дозувати субстрат (Кт.6.).

Пакет вручну встановлюють під воронку дозатора, поступово ущільнюючи вміст пакету, наповнюють його до рівня 8-10 см від верхнього краю пакету. Важливо не допустити потрапляння часток субстрату на внутрішню поверхню пакета, в верхній його частині. Це унеможливило створення герметичного шву. Пакети запаюють термічним методом.

#### **ТП 7. Інкубація**



Інкубація проводиться в закритих пакетах, в темному приміщенні, поза камерами вирощування, при температурі 24–26°C (*Кт.7.*), до моменту повного засвоєння культурою субстрату.

Характерною ознакою повного засвоєння є коричнева поверхня блоку(строма). Інкубація може тривати 8–12 тижнів.

Після інкубації з блоків, із сформованою стромою, знімають пакети та переносять у камери вирощування, де знаходяться пакети після збору врожаю.

#### **ТП 8. Ініціація плодоутворення**

Блоки, позбавлені від пакетів, розміщують у ваннах з холодною водою.

Плодоутворення ініціюється зниженням температури до 10–12°C (*Кт.8.*) протягом 1-1,5 годин.

#### **ТП 9. Плодоутворення**

Підчас плодоутворення в камері вирощування встановлюють наступні параметри:

- температура 16–18 °C (*Кт.9.*)
- вологість >90%(*Кт.9.*)
- вміст CO<sub>2</sub> 0,1-0,3%(*Кт.9.*)
- швидкість руху повітря над блоками 2–4м/с

Плодоутворення може тривати протягом 3–7 діб.

Освітлення має бути на рівні 150–200 люкс, 10–12 годин на добу.

#### **ТП 10. Плодоношення**

Підчас плодоношення в камері вирощування встановлюють наступні параметри:

- температура 18–20 °C (*Кт.10.*)
- вологість 80–90% (*Кт.10.*)
- вміст CO<sub>2</sub> 0,1–0,2% (*Кт.10.*)
- швидкість руху повітря над блоками 2–4 м/с

Плодоутворення може тривати протягом 7–14 діб.

Освітлення має бути на рівні 150–200люкс, 10–12 годин на добу.

#### **ТП 11. Збір грибів**

Збір грибів здійснюють вручну, викручуючи гриби з блоку, таким чином, щоб на блоці не залишалось фрагментів ніжок. Збір проводять у полімерні багатообертові ящики.

Зрілим грибом вважається такий, у якого перетинка між краєм шапки та ніжною розірвалась.

#### **ТП 12. Період спокою**

Після збору врожаю блоки переводять у стан спокою для ініціації вегетативного росту, в цей період в камері вирощування підтримують наступні параметри:

- температура 20–26 °C (Кт.12)
- вологість 70–80%
- вміст CO<sub>2</sub> 0,3–0,5%
- швидкість руху повітря над блоками 4–6м/с
- освітлення відсутнє

Період спокою має тривати протягом 7–10 діб.

#### **ТП 13. Сорткування грибів**

Сорткування грибів виконують вручну, показники для сорткування вказані в таблиці 3.1.

Неякісні гриби відправляють до *ЗВ-1*.

#### **ТП 14. Змішування і подрібнення субстрата**

Використані субстратні блоки від *ЗВ 15* подаються у дробарку за допомогою шнеку.

#### **ТП 15. Компостування**

1 раз на добу біобарабан завантажується на ½ корисного обсягу свіжими відходами й одночасно розвантажується. Таким чином, свіжі відходи, що завантажуються в барабан, потрапляють у середовище з активним біотермічним процесом, що скорочує цикл їх компостування до двох діб.

Пропускна здатність барабана 15 т/ч. Для забезпечення примусової аерації на корпусі біобарабана установлені вентилятори, які подають свіже повітря в товщу відходів, що перебувають у ньому. Кількість подаваного повітря

регулюється по зонах залежно від температури й вологості матеріалу (Кт.16, Кт.17)

Оптимальна вологість для прискореного процесу компостування становить 40....45 %.

### **ПВ 16. Пакування грибів**

В залежності від вимог споживача, гриби пакують:

У споживчу тару довільною або стандартною масою нетто від 0,2 до 2,0 кг (Кт14.).

- пакки з комбінованого матеріалу за ГОСТ 12303-80;
- пакети з перфорованої плівки: целюлозної за ГОСТ 7730-89, поліетиленової харчової за ГОСТ 10354-82 та інших полімерних плівкових матеріалів за ГОСТ 12302-80.

Маса нетто повинна відповідати вказаній на етикетці.

Допустимі відхилення маси нетто від зазначеної на етикетці для окремих одиниць пакування, у відсотках:

- від 0.2 до 1.0 кг -  $\pm 3,0$ ;
- від 1.0 до 2,0 кг -  $\pm 1,5$ .

Фасовані гриби пакують у транспортну тару:

- ящики з гофрованого картону за ГОСТ 13511-91 масою нетто до 15кг;
- ящики з гофрованого картону за ГОСТ 9142-90 масою нетто до 15кг;
- ящики полімерні багатообертові за ТУ У 03562218.004-99 масою нетто до 15 кг.

Нефасовані гриби пакують у транспортну тару для реалізації підприємствам харчової промисловості, громадського харчування, роздрібною торгівлі:

- ящики з гофрованого картону за ГОСТ 13511-91 масою нетто до 15кг, що мають вкладиші з пергаменту рослинного за ГОСТ 1341-97, підпергаменту за ГОСТ 1760-86, паперу обгорткового за ГОСТ 8273-69, або пакування в ящики полімерні багатообертові за ТУ У 03562218.004-99 масою нетто до 15 кг. ящики дерев'яні за ГОСТ 10131-93 масою нетто до 15 кг.

Допустимі відхилення маси нетто від зазначеної на етикетці для окремих одиниць пакування –  $\pm 1,5\%$ .

Допускається:

- використання інших видів пакувальних матеріалів, які дозволені Міністерством охорони здоров'я України для пакування харчових продуктів;
- фасування під вакуумом у прозору плівку, яка не пропускає газу, порціями від 0,2 до 2,0 кг

В кожному одиниці упаковки вкладають гриби одного найменування, ботанічного штаму, гатунку, терміну збирання.

Транспортна тара повинна бути міцною, чистою, сухою, без цвілі та стороннього запаху (Кт14.3). Багатооборотна тара повинна мати кришку. При відсутності кришки допускається для місцевої реалізації тару накривати обгортковим папером за ГОСТ 8272-69, пергаментом за ГОСТ 1341-97, або підпергаментом за ГОСТ 1760-86.

Ящики з картону обгортають клейовою стрічкою на паперовій основі за ГОСТ 18251-87 або зав'язують шпагатом за ГОСТ 17308-88

Пакети із полімерних матеріалів термозварюють або зав'язують нитками бавовняними за ГОСТ 6309-93 чи шпагатом за ГОСТ 17308-88.

Пачки з комбінованого матеріалу склеюють дисперсією полівінілацетатною за ГОСТ 18992-80.

На кожен пакувальний одиницю споживчої тари і тари з нефасованими грибами на паперову етикетку або безпосередньо на поверхню тари типографським способом наносять:

- найменування та адресу підприємства-виробника, місце виготовлення;
- товарний знак;
- найменування грибів;
- позначення дійсних технічних умов;
- гатунку,
- масу нетто;
- дату збору;

- дату пакування;
- умови зберігання;
- термін придатності до споживання, чи дату закінчення терміну придатності до споживання;
- інформацію про харчову та енергетичну цінність 100 г грибів;
- спосіб підготовки та вживання: "Гриби використовують після кулінарної обробки. Перед кулінарною обробкою гриби необхідно помити";
- штрихове кодування за ДСТУ 3147-95 (для споживчої тари);
- національний знак відповідності за ДСТУ 2296-93 (для сертифікованих грибів);

Транспортне маркування повинно відповідати ГОСТ 14192-96 з указівкою маніпуляційного знаку «Обережно крихке», «Оберігати від нагріву».

На транспортну тару з фасованою продукцією наклеюють етикетку або наносять чітке маркування за допомогою штампу незмивною фарбою, яка не має запаху, з наступними даними:

- найменування та адреса підприємства-виробника, місце виготовлення;
- товарний знак;
- найменування грибів;
- позначення дійсних технічних умов;
- гатунок,
- дата збору;
- кількість споживчих пакувальних одиниць;
- маса нетто однієї споживчої упаковки (для грибів, фасованих у споживчу тару стандартною масою);
- маса нетто, кг (сумарна)
- умови зберігання
- термін придатності до споживання, чи дата закінчення терміну придатності до споживання;

Клей, який застосовується для наклеювання етикеток, повинен бути виготовлений із полівінілацетатної дисперсії за ГОСТ 18992-80, крохмалю за ГОСТ 7699-78, або з декстрину за ГОСТ 6034-74

Фарби для етикеток повинні бути стійкими, не масткими, без запаху та відповідати вимогам Міністерства охорони здоров'я України.

Маркування виконується українською мовою

Гриби транспортують транспортними засобами, які придатні для перевезення продуктів харчування у відповідності з правилами перевезення вантажів, які швидко псуються.

Залізницею гриби транспортують у рефрижераторних секціях 4 або 5 вагонного потягу, або в спеціалізованих автономних рефрижераторних вагонах в межах встановлених полігонів їх обертання. У зимовий період температура в рефрижераторах повинна бути від +2 до +4 °С

Транспортні засоби повинні бути чистими, без стороннього запаху, вантаж захищений від попадання прямих сонячних променів, атмосферних опадів та пилу.

Картонні ящики з продукцією необхідно складати не більш, як у три яруси по висоті:

- у стоїчні піддони за ГОСТ 9570-74;
- у пакети типу А за ГОСТ 23285-78 з використанням запобіжних шин.

Транспортують вантажі відповідно до ГОСТ 19848-74.

Зберігають гриби у тарі в закритих чистих приміщеннях, що вентилуються. Тару розміщують таким чином, щоб забезпечити вентиляцію для кожної одиниці упаковки.

#### **ПВ 17. Пакування компосту**

Вивантажений компост направляється до пакувальної машини ПМ-22,

#### **ЗВ 18. Знешкодження відходів**

Проводять знезараження вентиляційного та технологічного повітря, конденсату та ін. Відпрацьоване повітря перед викидом в атмосферу поступає на фільтри грубої очистки. Ступінь очистки близько 85%.

Промивні дезинфікуючі розчини та відпрацьовану воду направляють до збірника стоків, де розводять водою в 3-4 рази, встановлюють рН на рівні 7,0 (*Кт.15.*) 85% ортофосфорною кислотою чи 20% розчином їдкого натру, та направляють в каналізацію.

## 5.2 Контроль виробництва

Таблиця 5.5.

### Карта постадійного контролю

Номер контрольної точки та назва стадії	Об'єкт контролю і показник, що визначається	Засоби та методи контролю	Періодичність перевірки та порядок відбору проб	Нормативна характеристика показника, що визначається
1	2	3	4	5
Кх 1.2.1. ДР 1.2.1. Приготування миючого розчину	Розчин миючого засобу, концентрація	Хімічний метод Перевірка концентрації	Підчас приготування розчину	Концентрація розчину 0,5%
Кх 1.2.2 ДР 1.2.2. Приготування дезінфікуючого розчину перекису водню	Розчин перекису, концентрація	Хімічний метод Перевірка концентрації	Після приготування розчину	Концентрація розчину 3%
Кх 1.2.3. ДР 1.2.3 Приготування дезінфікуючого розчину спирту етилового	Розчин спирту етилового, концентрація	Об'ємний	Підчас приготування розчину	Концентрація розчину 76%
Км 1.4.1. ДР 1.4.1. Огляд одягу	Цілісність одягу	Візуальний	Перед кожним пранням	Відсутність пошкоджень
Кт 1.4.4. ДР1.4.4.Стерилізація одягу	Режим температури та часу	Термометричний, годинник	Підчас стерилізації	t=120°C, τ=1,5 год
Кт 1.4.5. ДР 1.4.5. Зберігання одягу	Часовий проміжок	Годинник	В період зберігання	τ=1-2 доби
Кт 1.5.1. ДР 1.5.1.Миття обладнання	Температурний режим	Термометричний	Підчас миття	t=70-80 °C
Кт 1.5.2. ДР 1.5.2. Стерилізація обладнання	Режим температури та часу	Термометричний, годинник	Підчас стерилізації	t=100°C, τ=1,5 год



Продовження табл. 5.5

Кт 2.1.2. ДР 2.1.2. Проходження через фільтр грубої очистки	Попереднє очищення повітря	Перевірка ступеня очищення	Під час очистки повітря в фільтрі грубого очищення	E = 80%
Кт 2.1.3. ДР 2.1.3. Нормалізація температури повітря	Температурний режим	Термометричний	Під час процесу нормалізації температури	t=20-25°C
Кт 2.1.4. ДР 2.1.4. Очистка повітря на головному фільтрі	Чистота повітря	Перевірка ступеню очищення	Після проведення процесу	E = 95%
Кт 2.1.5. ДР 2.1.5. Підготовка повітря для приміщень класу D	Чистота повітря	Перевірка ступеню очищення	Після проведення процесу	E = 85%
Кт 2.1.6. ДР 2.1.6. Підготовка повітря для приміщень класу C	Чистота повітря	Перевірка ступеню очищення	Після проведення процесу	E = 99,95%
Кт 2.1.7. ДР 2.1.7. Підготовка стерильного повітря для зони формування субстратних блоків	Чистота повітря	Перевірка ступеню очищення	Після проведення процесу	E = 99,9999%
Кт 2.2.2. ДР 2.2.2 Проходження через фільтр грубої очистки	Попереднє очищення повітря	Перевірка ступеня очищення	Під час очистки повітря в фільтрі грубого очищення	E = 80%
Кт 2.2.3. ДР 2.2.3 Нормалізація температури повітря	Температурний режим	Термометричний	Під час процесу нормалізації температури	t=20-25°C
Кт 2.2.4. ДР 2.2.4. Очистка повітря на головному фільтрі	Чистота повітря	Перевірка ступеню очищення	Після проведення процесу	E = 95%

Продовження табл. 5.5

Кт 2.2.5. ДР 2.2.5. Зволоження повітря	Вологість повітря	Автоматично	Постійно	W= 70-80%
Кт 2.2.6. ДР 2.2.6. Відбір повітря на рециркуляцію	Вміст CO <sub>2</sub>	Газоаналізатор	При зміні режиму	C <sub>CO2</sub> = 0,1-0,3%
Кт, Кх 3.1. 3.1 Відновлення музейної культури	Температура, рН, час	Термометричний, рН-метр, годинник	В період відновлення культури	t=28°C, рН=5,0-7,0, τ=10 діб
Кт 4.1. ДР 4.1 Змішування компонентів субстрату	Маса компонентів, вологість	Ваговий, Об'ємне дозування	При завантаженні апарату	W= 60%
Кт 4.2. ДР 4.2 Пастеризація субстрату	Температура Субстрату	Термометричний	Постійно	t=100°C, τ= 4 год
Кт 6. ТП 6 Формування субстратних блоків	Маса блоку	Гравіметрично	Раз на 100 блоків	m=1,8-2,0 кг
Кт 7. ТП 7. Інкубація	Температура, час	Термометричний	Постійно	t=24-26°C, τ= 8-12 тижнів
Кт 8. ТП 8. Ініціація плодоутворення	Температура, час	Термометричний	Постійно	t=10-12°C, τ= 1,0-1,5 год
Кт 9. ТП 9. Плодоутворення	Температура, вологість, час	Термометричний, Автоматично	Постійно	t=16-18°C, τ= 3-7 діб, W= 90%
Кт 10. ТП 10 Плодоношення	Температура, вологість, час	Термометричний, Автоматично	Постійно	t=18-20°C, τ= 7 -14 діб, W= 80-90%
Кт 12. ТП 12 Період спокою	Температура, вологість, час	Термометричний, Автоматично	Постійно	t=20-26°C, τ= 7 -10 діб, W= 70-80%
Кт 13. ТП 13. Сортування грибів	Вигляд, якість	Візуально	Постійно	
Кт 14. ТП 15 Компостування	Вологість	Автоматично	Постійно	

Продовження табл. 5.5

Кт . ТП 15 Компостування	Температура	Термометричний, Автоматично	Постійно	
Кт 14. ПМВ 16. Пакування грибів	Вага грибів	Гравіметрично	Постійно	0,2-2кг ±1,5%
Кт . ПМВ 17 Пакування компосту	Вага мішків	Вагометрично	Постійно	20-22 кг, ±1,5%
Кх 15. ЗВ 18 Знешкодження відходів	pH	pH-метр	Постійно	pH=7,0
Кт 16. ЗВ 15 Знешкодження відходів	Температура	Термометричний, Автоматично	Постійно	t=55°C, τ= 2 діб t= 30°C, τ= 10 діб
Кт 17. ЗВ 18 Знешкодження відходів	Вологість	Автоматично	Постійно	W= 40-45%

### 5.3 Матеріальний баланс виробництва

Таблиця 5.6

№ з/п	Використано		Отримано	
	Назва сировини і напівпродукту	Кількість, кг, дм <sup>3</sup> , шт	Назва кінцевого продукту, відходів та втрат	Кількість, кг, дм <sup>3</sup> , шт
1	2	3	4	5
1.	<b>ДР 4. Підготовка субстрату</b>			
1.1.	Тирса деревини дуба	1580		2450
1.2.	Вода питна	500		
1.3.	Крейда	50		
1.4.	Висівки пшеничні	370		
1.5	Пакети поліетиленові	1230 шт		1225 шт
	Втрати (частка)	0,02	Втрати (кількість)	50 кг
	Всього	2500	Всього	2500
2.	<b>ДР 4.2. Стерилізація субстратних блоків</b>			
2.1.	Нестерильні блоки	2450	Стерильне ПС	2450
	Всього	2450	Всього	2450
3.	<b>ТП 5. Інокуляція</b>			
3.1.	Субстратні блоки	2450	Субстратні блоки	2450
3.2.	Посівний матеріал	130	Посівний матеріал	125,5
3.3.	Втрати (частка)	0,025	Втрати (кількість)	4,5
	Всього	2580	Всього	2580
4.	<b>ТП 11. Збір грибів</b>			
4.1.	Блоки з грибами	2970	Харчова біомаса	454
4.2.			Використані блоки	2450
4.3.			Браковані гриби	36
			Поліетиленові пакети використані	1225
4.4.	Втрати (частка)	0,01	Втрати (кількість)	30
	Всього	9,44	Всього	9,44

Продовження таблиці 5.6

5.	ТП 15. Компостування			
4.1.	Подрібнена сировина з дробарки	2450	Компост	4091
4.2.	Гній з бункера	1650		
4.3.	Вода	За необхідності		
4.4.	Втрати (частка)	0,005	Втрати (кількість)	8,25
	Всього	4100	Всього	4100
	ТП 16. Пакування грибів			
5.1	Харчова біомаса	454	Готовий продукт	30 ящиків
5.2	Ящики полімерні багатообертові	30 шт		454 кг
5.3	Ящики з гофрованого картону №5	150 шт		
5.4	Пакети з полімерних плівкових матеріалів;			
5.5	Папір обгортковий			
5.6	Пергамент рослинний			
5.7	Стрічка клейова на паперовій основі			
5.8	Шпагат			
5.9	Нитки бавовняні			
	Втрати (частка)		Втрати (кількість)	
	Всього		Всього	
	ТП 17. Пакування грибів			
6.1	Готовий компост	4091		4050
6.2	Мішки поліпропіленові	81 шт		
	Втрати (частка)	0,01	Втрати (кількість)	41
	Всього	4091	Всього	4091

## РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Організація служби охорони праці на підприємстві

Управління охороною праці – це підготовка, прийняття та реалізація рішень щодо здійснення організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення здоров'я та працездатності людини під час праці.

Організація охорони праці на заводі по виробництву їстівних грибів, здійснюється відділом охорони праці, який поряд з організаційно-методичним керівництвом, роботою по управлінню охороною праці розробляє керуючі рішення щодо органу управління СУОП і контролює їх реалізацію.

Службу охорони праці очолює інженер по техніці безпеки. Орган управління СУОП очолює директор заводу, який здійснює загальне керівництво роботою по охороні праці на підприємстві за допомогою керуючих рішень (наказів, розпоряджень, організаційно-технічних рішень), методів управління та дій, які забезпечують цілеспрямовану діяльність структурних підрозділів та служб в області безпеки життєдіяльності на даному підприємстві.

Для здійснення вищезазначених цілей служба охорони праці повинна вирішувати такі завдання:

- забезпечувати безпеку виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;
- забезпечувати працюючих засобами індивідуального та колективного захисту;
- здійснювати професійну підготовку і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, вести пропаганду безпечних методів праці;
- забезпечувати оптимальні режими праці і відпочинку працюючих;
- вимагати професійного добору виконавців для певних робіт.

З усім персоналом, прийнятим на роботу на підприємство, не залежно від його кваліфікації та досвіду, проводяться всі види інструктажу з безпечних заходів та методів роботи.

Велике значення має дотримання правил особистої гігієни під час роботи.

Всі стадії технологічного процесу відбуваються в умовах, які виключають прямий контакт з шкідливими речовинами. Особлива увага приділяється герметизації обладнання, з'єднанням трубопроводів і арматури [46].

### **Санітарні умови праці на виробництві**

На підприємстві згідно постанови Кабінету Міністрів державного нагляду охорони праці від 3 серпня 1993р. №73 створюється служба охорони праці, яка відповідає за виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних, і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам.

### ***Мікроклімат виробничого приміщення***

Для забезпечення здорових і безпечних умов працездатності людини, повітряне середовище, яке оточує людину повинно відповідати встановленим санітарно-гігієнічним нормам. Нормування виробничого мікроклімату здійснюється за ГОСТ 12.1.005-76 ССБТ „Повітря робочої зони”, „Загальні санітарні вимоги”.

Серед цих нормативів особливе значення мають метеорологічні умови на робочих місцях. Основні параметри: температура повітря в приміщенні, °C; відносна вологість повітря, %; рухливість повітря, м/с; теплове випромінення, Вт/м<sup>2</sup>.

Всі ці параметри поодиночі, а також у комплексі впливають на фізіологічну функцію організму – його терморегуляцію і визначають самопочуття. Температура людського тіла повинна залишатися постійною у межах 36...37°C незалежно від умов праці.

Підтримання встановлених норм мікроклімату забезпечується за рахунок:

- теплоізоляції нагрітого обладнання, трубопроводів;
- герметизації обладнання;
- вентиляцій виробничих приміщень.

Контроль мікроклімату повинен проводитись двічі на рік.

### ***Запиленість і загазованість на виробництві***

Для створення здорових і безпечних умов праці на заводі потрібно мати гігієнічне нормування шкідливих речовин, надійні способи визначення їх концентрацій у повітрі і сучасне технічне та організаційне забезпечення їх знешкодження.

В залежності від ступеня токсичності, фізико-хімічних властивостей, шляхів проникнення в організм, санітарні норми встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони виробничих приміщень, перевищення яких не припустиме.

ГДК в повітрі робочої зони виробничого приміщення складають -  $0,02\text{мг/м}^3$ , а в атмосферному повітрі виробничої території –  $0,07\text{мг/м}^3$ .

Соляна кислота –  $\text{ГДК}=5\text{мг/м}^3$ , їдкі луги –  $\text{ГДК}=0,5\text{мг/м}^3$ .

В приміщеннях, де не можна створити нормальні, відповідні до норм мікроклімату умови, застосовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

При тривалій роботі в недостатньо вентиляційних приміщеннях виникає можливість отруєння газом, тому треба здійснювати повсякденний контроль за справністю роботи приточно - витяжної вентиляції.

Проектування виробничих приміщень, технологічних процесів, обладнання та вентиляцій, а також попереджувальний та поточний нагляд за дією на організм людини ведеться відповідно до системи охорони здоров'я України.

### ***Шум***

Одним із найбільш розповсюджених негативних факторів, які впливають на людину, являється шум. Основна ціль нормування шуму на робочих місцях - встановлення допустимих рівнів шуму, які при щоденному



впливі протягом всього робочого дня і протягом багатьох років не можуть викликати суттєвих захворювань організму людини і не заважають його нормальній трудовій діяльності.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються за ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ "Шум. Общие требования безопасности". Цей стандарт також встановлює класифікацію шуму, вимоги до шумових характеристик і до захисту від шуму на робочих місцях.

Для зниження шуму в промислових умовах на підприємстві використовують п'ять методів: зменшення шуму в джерелі його виникнення; зміну напрямку випромінювання від джерела шуму; будівельно-акустичний; зменшення шуму на шляху його розповсюдження; використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

### ***Вібрація***

Це - механічні коливання машин, механізмів та їх елементів. Найпростішим видом вібрації є гармонічні коливання. Джерелами вібрації можуть бути насосні агрегати, змішувачі та ін.

Гігієнічне нормування вібрацій передбачає встановлення найбільш допустимих рівнів віброшвидкості в м/с, ГОСТ 12.1012-78 ССБТ "Вибрация. Основные требования безопасности" є основним документом, який визначає гігієнічні норми вібрації.

За способом передачі на людину розрізняють локальну та загальну вібрацію.

На даному заводі, по виробництву хлібопекарських дріжджів, в разі виникнення вібрації передбачаються наступні заходи:

- влаштування обладнання на окремих основах;
- своєчасний догляд за обладнанням, його ремонт і балансування;
- додавання до джерел вібрації віброгасячого устаткування, гнучких амортизаторів в муфтах з'єднання валів, приєднання трубопроводів до насосів з встановленням гумових, полімерних та інших прокладок.

### ***Освітлення виробничих приміщень***

Правильно виконане раціональне освітлення промислових підприємств має важливе значення для виконання всіх видів робіт. Раціональне освітлення є важливим фактором загального збільшення продуктивності праці.

Таким чином, вимоги, які ставляться до раціонального освітлення:

- достатня освітленість робочого місця (нормована);
- рівномірне освітлення;
- відсутність тіней, особливо рухомих, на робочій поверхні;
- захист від сліпучої дії джерела світла;
- вірний вибір напрямку світла.

Все це сприяє підтримці високого рівня працездатності та зберігає здоров'я людини, скорочує травматизм.

### ***Теплове випромінювання***

Особливо несприятливо впливає на самопочуття людини надлишкова теплота навколишнього середовища. Тривала дія високої температури повітря посилює діяльність серцево-судинної та дихальної систем, спричиняє втрату значної кількості вологи та мінеральних солей, а в окремих випадках - і тепловий удар.

Теплове випромінювання складається, головним чином, з інфрачервоних променів, які мають характер періодичних електромагнітних коливань з довжиною хвилі від 0,76 до 740мкм.

Основними методами захисту людини від теплового випромінювання є усунення високотемпературних джерел теплоти; теплоізоляція та охолодження гарячих поверхонь; екранування; застосування вентиляції, повітряних оазисів та душування; засобів індивідуального захисту; організація раціонального режиму праці і відпочинку.

Для зменшення кількості надлишкової теплоти, що надходить у приміщення від обладнання, зовнішні поверхні його покривають теплоізоляційними матеріалами.

### ***Електробезпека***

Основні технологічні процеси мікробіологічного виробництва по надійності електрозабезпечення відносяться до I категорії. Майже на всіх ділянках виробництва запроектована експлуатація електротехнічного обладнання. Тому велике значення надається зниженню небезпеки враження електричним струмом.

Механізм ураження людини електричним струмом надзвичайно складний і супроводжується термічним, електролітичним та біологічним впливами. При цьому можливі незворотні порушення функціональної діяльності життєво важливих органів людини.

Електробезпека на виробництві забезпечується відповідною конструкцією електроустановок, застосуванням технічних способів та засобів захисту; організаційними та технічними заходами.

Конструкція електроустановок повинна відповідати умовам експлуатації, забезпечувати захист персоналу від дотику із струмоведучими і рухомими частинами та від попадання всередину обладнання сторонніх предметів і води.

Забезпечення електробезпеки від випадкового дотику до струмоведучих частин досягається такими способами та засобами, що застосовуються або окремо, або в поєднанні один з одним: захисні огорожі; ізоляція струмоведучих частин; застосування малих напруг; електричний розподіл мережі; захисне заземлення; захисне занурення; захисне відключення; захист від небезпеки при переході напруги з вищої сторони на нижчу; компенсація струмів замикання на землю; ізолюючі захисні та охоронні засоби; організація безпечної експлуатації електроустановок.

### **Пожежна безпека**

Пожежна безпека підприємства забезпечується ще на стадії проектування і розробки генерального плану відповідно до вимог санітарно-гігієнічних і протипожежних правил (СН 245-71) і будівельних норм і правил (СНіП II-89-80).

Кожне приміщення проектуємого підприємства забезпечене, первинними засобами пожежегасіння:

- внутрішніми пожежними водопроводами;
- вогнегасниками (хімічно-пінними, порошковими);
- сухим піском;
- пожежними гідрантами і пожежними кранами ГК-1.

Обов'язково на підприємстві у кожному цеху є пожежна дружина (зі списком працівників відповідальних за певні дії в разі виникнення пожежі).

Важливими пожежепрофілактичними вимогами є зонування території підприємства за функціональними ознаками будівель і споруд. Це групування і розташування їх приймається згідно з призначенням, ступенем вогнестійкості, вибуховою і пожежною небезпекою розміщених в них виробництв, згідно з наявністю шкідливих речовин та характерних шкідливих виробничих факторів фізичного, хімічного і біологічного походження, небезпекою їх розповсюдження в залежності від напряму діючих на території вітрів та інших факторів.

Також, важливим заходом пожежної безпеки на території підприємства є дотримання правил проведення робіт із відкритим вогнем, які необхідно виконувати в спеціально відведених місцях

### **Техніка безпеки під час обслуговування обладнання**

Для забезпечення безпечної експлуатації обладнання необхідно дотримуватись правил СніП, основним з яких є суворе дотримання інструкцій безпеки на робочих місцях.

Основні правила техніки безпеки при експлуатації обладнання на підприємстві:

- перевірка робочого місця (освітленість, стан підлоги);
- перевірка наявності документації по техніці експлуатації обладнання, ведення технологічного режиму;
- перевірка КВП, сигналізації, запірної арматури, подачі пари, повітря, води і продукту [47].

Обладнання, яке в процесі роботи виділяє виробничі шкідливі частки (пил, пару, газ, вологу) в навколишнє середовище, повинно бути герметизоване і забезпечене аспіраційними вентиляційними установками.

### **Висновки**

Велику роль у виробництві відіграє підготовка персоналу, тому штат повинен мати достатню кількість кваліфікованого персоналу, що здатен на гідному рівні вирішувати всі задачі, які пов'язані з виробництвом. Кожен співробітник повинен чітко знати та виконувати свої обов'язки, а також чітко розуміти індивідуальну відповідальність. Також, не мало важливим є те, що кожен співробітник повинен пройти детальний інструктаж про принципи і правила виробничого процесу, правила безпеки на виробництві та правила охорони праці. Працівники повинні підвищувати кваліфікацію та мати відповідну до фаху всебічну освіту. На даному підприємстві повинні бути оптимальні умови для праці, тобто в достатній кількості розраховані санітарно-побутові приміщення, запиленість, загазованість і освітлення приміщень, а також шум і вібрація повинні бути на допустимих рівнях.

Напруженість персоналу і монотонність праці необхідно компенсувати шляхом організації раціональних режимів праці і відпочинку.

## ВИСНОВКИ:

1. На основі літературних даних було встановлено, що компостування є перспективним та економічно доцільним методом, який дозволяє ефективно переробити відходи рослинного походження.
2. Було визначено, що вирощування базидіоміцетів на лігніноцелюлозних субстратах дозволяє отримати високоякісну харчову біомасу, а також сприяє ефективній утилізації органічних відходів з отриманням побічного продукту- компосту.
3. Найбільш важливими для практичного застосування ферментами базидіоміцетів є лігнінпероксидаза (LiP), марганецьпероксидаза (MnP) і лаказа.
4. На основі порівняльного аналізу як біологічний агент було обрано *Lentinula edodes*. Останній був обраний в якості біологічного агента.
5. У результаті виконання дипломного проекту було обрано технологію компостування за допомогою біотермічного барабана та запроектовано технологічну схему виробництва грибів шиїтаке та переробки відходів цього виробництва та ферми.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Паспорт штаму IBK-353(*Lentinula edodes*)// Інститут ботаніки ім. Н.Г. Холодного НАН України.
2. Успехи медицинской микологии: изд. в 10 томах. Изучение индукции иммуномодулирующих эффектов масляными экстрактами плодовых тел *Lentinus edodes* у мышей с привитой опухолью корциомы [Богдаев А.Г., Лавлинский А.В., Наквасина М.А.]. Том IX, под ред. В.Ю. Сергеева.— 2007. — С. 10-12.
3. *Lindequist U., Timo H. J. Niedermeyer*,The Pharmacological Potential of Mushrooms, – Altern. Med., – 2005; Vol.2, No 3. – P.263 –265.
4. *Lentinus edodes* and *Pleurotus* species lignocellulolytic enzymes activity in submerged and solid-state fermentation of lignocellulosic wastes of different composition/ Vladimir Elisashvili, Michel Penninckx , Eva Kachlishvili, Nino Tsiklauria, Eka Metreveli, Tamar Kharziani, Giorgi Kvesitadze// Bioresource Technology – 2008. -- №9. – С.457-462.
5. Expression of manganese peroxidase by *Lentinula edodes* and *Lentinula boryana* in solid state and submerged system fermentation/ Katia I. Hermann, Alessandra Costa, Cristiane V. Helm, Edson A. De lima and Lorena B.B. Tavares// Annals of the Brazilian Academy of Sciences – 2013. -- №3. – С. 965-973.
6. Минимизация негативного воздействия кородревесных отходов целлюлозно-бумажной промышленности на окружающую среду/ Е.С. Ширинкина// Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. – 2014. – № 2 (12). – С. 108-117.
7. Варфоломеев Л.А. Приготовление промышленных компостов на основе твердых отходов деревообработки. – М., 1992. – 52 с.
8. Мещерякова Е.В. Мировой опыт решения экологических проблем в целлюлозно-бумажной промышленности : дис. к.э.н. – Изд. центр БГУ, 2010. – 253 с.

9. Новые методы получения химических продуктов из биомассы деревьев сибирских пород/ Б. Н. Кузнецов, С. А. Кузнецова, В. Е. Тарабанько// Рос. хим. ж. (Ж. Рос. Хим. об-ва им. Д.И. Менделеева) -- 2004, Т. XL V111.
10. Использование биокаталитических процессов лигниноцеллюлозного действия для комплексной переработки отходов целлюлозно-бумажной промышленности. Фундаментальные и прикладные аспекты /Королева О.В.1, Федорова Т.В.1, Лукина Н.В.2, Тебенёкова Д.Н.2, Воробьев Р.А // Москва: ФГБУН «Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН», 2012.
11. Веприкова Е.В., Кузнецова С.А., Н.В. Чесноков, Б.Н. Кузнецов  
Получение органоминеральных удобрений на основе древесной коры  
*Журнал Сибирского федерального университета. Химия* 2008. Т. 1 (3). С. 286–292.
7. Гаврилов Т.А., Паталайнен Л.С., Колесников Г.Н., О ресурсосберегающих технологиях экологически безопасной утилизации древесной коры. Современные научные исследования и инновации 2014. Т. 39(7), С. 59–64.
8. Компостирование твердых органических отходов производства и потребления. Вермикомпостирование: монография /Под. ред. Я.И. Вайсмана. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. 557 с.
9. Корсунова Ц.Д., Чимитдоржиева Г.Д. Биологическая активность дефлированных каштановых почв Байкальского региона при внесении компостов на основе древесной коры, опилок, соломы. Агрохимия. 2008. № 4, С. 15–19.
10. Ульянова О.А. Трансформация органического вещества почвы под действием композиций из древесной коры и цеолита. Плодородие 2009. № 2, С. 23–25.



11. Кураченко Н.Л., Ульянова О.А., Чупрова В.В. Влияние систем удобрений на изменение агрофизических свойств темно-серой лесной почвы. *Агрохимия* 2011. №. 4, С. 22–29.
12. Белюченко И.С., Антоненко Д.А. Влияние сложного компоста на агрегатный состав и водно-воздушные свойства чернозема обыкновенного. *Почвоведение* 2015. № 7, С. 858–864.
13. Alan L. Wright, Tony L. Provin, Frank M.Hons, David A. Zuberer, Richard H. White Nutrient accumulation and availability in compost – amended turfgrass soil. *Journal of Hortscience* 2007. Vol. 42. October, P. 1473–1477.
14. Green J., Harp D.A., Ong K.L. Comparison of Phytophtore disease incidence in composted pine bark mixes to chemical and biological controls. *Journals of Hortscience* 2012. Vol. 47. October, P. 1499–1503.
15. Патент РФ 2283294. Ульянова О.А., Люкшина И.В., Чупрова В.В., Кулебакин В. Состав для производства органоминерального удобрения. Оpubл. 10.09.2009, БИ 25.
16. Патент РФ 2496752. Червонобаб Н.Л. Способ получения органоминерального удобрения пролонгированного действия (Варианты). Оpubл. 27.10.2013. БИ 30.
17. Ginnis M.S., Bilderback T.E., Warren S.L. Vermicompost amended pine bark provides most plant nutrients for Hibiscus moscheutos «Luna Blush». *Acta Horticultural* 2011. Vol. 891, P. 249–256.
18. Кузнецов Б.Н., Рязанова Т.В., Щипко М.Л., Кузнецова С.А., Веприкова Е.В., Чупрова Н.А. Оптимизация термических и биохимических методов утилизации отходов экстракционной переработки березовой коры. *Химия в интересах устойчивого развития* 2005. Т. 13(3), С. 441–449.

19. Ульянова О.А., Нечаева А.С., Хижняк С.В. Трансформация сосновой коры и композиций на ее основе. Вестник Красноярского государственного аграрного университета 2009. № 11, С. 126–130.
20. Клепиков А. А. Скрининг и изучение базидиальных грибов в качестве продуцентов лакказ. Химия и химическая технология // Известия СПбГТИ(ТУ). – Органический синтез и биотехнология. – 2014. – № 23. – С. 39-43.
21. Айзеништадт М. А., Боголицын К. Г. Пероксидазное окисление лигнина и его модельных соединений // Химия растительного сырья. – 2009. – №2. – С. 5–18.
22. Дармов И. В., Горшунова Е. И., Тарасова Т. С. Исследование природных изолятов микромицетов *Fusarium spp.* – продуцентов лигнолитических ферментов // Ученые записки Казанского университета. Серия естественные науки. – 2017. – Т. 159. – С. 72–84.
23. Авагян И. А. Зависимость противовоспалительного действия дереворазрушающих грибов *Pleurotus ostreatus*, *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* от активности пероксидазы и  $\beta$ -глюкозидазы : дис. канд. биол. наук : 03.00.17 – Микология. – Ереван. – 2016. – 140 с.
24. Феофилова Е. П., Мысякина И. С. Лигнин: химическое строение, биodeградация, практическое использование (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. – 2016. – Том 52. – № 6. – С. 559–569.
25. Ядав М., Ядав П., Ядав К.Д.С. Очистка и изучение свойств лигнинпероксидазы гриба *Lenzites seperi* МТСС-1170 и деполимеризация гуминовых кислот каменных углей // Биохимия. – 2009. – Том 74. – Вып. 10. – С. 1380–1387.
26. Vrsanska M., Voberkova S., Langer V. et al. Induction of laccase, lignin peroxidase and manganese peroxidase activities in white-rot fungi using copper complexes // Molecules. – 2016. – №21. – P. 1553-1568. doi:10.3390/molecules21111553

27. Kadri T., Rouissi T., Brar S. K. et al. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by fungal enzymes: a review // J. Environ. Sci. – 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jes.2016.08.023>
28. Матвеева О. В., Лакина Н. В., Долуда В. Ю., Сульман Э. М. Современные тенденции применения оксидоредуктаз в промышленности // Химия и химическая технология. – 2013. – Том 56. – Вып. 11. – С. 13–17.
29. Особые формы грибных пероксидаз [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studlib.info/himiya/1213307-osobye-formy-gribnykh-peroksidaz/>.
30. Asina F., Brzonova I., Voeller K. et al. Biodegradation of lignin by fungi, bacteria and laccases // Bioresource Technology. – 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.016>
31. Купряшина М.А., Ветчинкина Е.П., Пономарева Е.Г., Никитина В.Е. Индукторы активности Mn-пероксидазы и лакказы *Azospirillum brasilense* SP245 // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – №3 (1). – С. 563-567.
32. Mishra V., Jana A. K., Jana M. M., Gupta A. Enhancement in multiple lignolytic enzymes production for optimized lignin degradation and selectivity in fungal pretreatment of sweet sorghum bagasse // Bioresource Technology. – 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.03.148>
33. Русинова Т. В. Разработка технологии биосинтеза фермента лакказы базидиальными грибами рода *Trametes*: автореф. дис. на получение науч. степени канд. техн. наук: спец. 03.00.23 «биотехнология». – Москва, 2007. – 20 с.
34. Логинов Д. С. Сравнительная характеристика нативного и рекомбинантного лигнолитического фермента – лакказы: автореф. дис. на получение науч. степени канд. биол. наук: спец. 03.01.04 "«биохимия»". – Москва, 2010. – 23 с.

35. Демків О. М., Банах С. Я., Притула С. В. та ін. Скринінг штамів мікроскопічних грибів – продуцентів лакази // Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science». – 2016 – №3(3). – С.64-69.
36. Mate D. M., Miguel A. Laccase engineering: from rational design to directed evolution// Biotechnology Advances. – 2014. doi:10.1016/j.biotechadv.2014.12.007
37. Scheiblbrandner S., Breslmayr E., Csarman F. et al. Evolving stability and pH dependent activity of the high redox potential *Botrytis aclada* laccase for enzymatic fuel cells // Scientific reports. – 2017. – № 7(13688). DOI:10.1038/s41598-017-13734-0
38. De La Torre M., Martin Sampedro R., Fillat U. et al. Comparison of the efficiency of bacterial and fungal laccases in delignification and detoxification of steam pretreated lignocellulosic biomass for bioethanol production // J Ind Microbiol Biotechnol. – 2017. DOI 10.1007/s10295-017-1977-1
39. Белова Н.В., Яковлева Н.С., Псурцева Н.В., Кияшко А.А. Продукция лакказ у базидиомицетов при ферментации в различных условиях // Успехи медицинской микологии / – «Национальная академия микологии», 2007. – (Грибные биотехнологии их использование в медицине. Новые лекарства и биологически активные соединения, полученные из грибов). – Том IX. – Глава 5. – С. 144-147.
40. Callejón S., Sendra R., Ferrer S., Pardo I. Cloning and characterization of a new laccase from *Lactobacillus plantarum* J16 CECT 8944 catalyzing biogenic amines degradation // Appl Microbiol Biotechnol. – 2015. DOI 10.1007/s00253-015-7158-0
41. Kumari A., Kishor N., Guptasarma P. Characterization of a mildly alkalophilic and thermostable recombinant *Thermus thermophilus* laccase with applications in decolourization of dyes // Biotechnol Lett. – 2017. DOI 10.1007/s10529-017-2461-8
42. Ю. Миронов, М. В. Протасова, Е. П. Проценко, Н. А. Балабина, О. В. Лукьянчикова. Технологические направления по переработке

органических отходов// Электронный научный журнал Курского государственного университета.- 2017; № 1.- с. 1-13.

43. Березюк О. В., Березюк Л. Л. Возможность использования удобрений, полученных компостированием твердых бытовых отходов// Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 4. – С. 17-20.
44. Визначення обсягів вторинної сировини та розрахунків можливого виходу біогазу на тваринницьких фермах та комплексах / В.С.Таргоня, В.В.Оверченко, Б.В. Щербак.- Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2013.- 27 с.
45. Процессы и аппараты переработки твердых бытовых отходов: Учебное пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования / В.С.Демьянова, Э.А. Овчаренков. – Пенза: ПГУАС, 2007. – с. 80
46. Промышленная экология: учебное пособие / А.И. Байтелова, М.Ю. Гарицкая / – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007.- 143 с.
47. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництва: Навч. посіб.: у 3 ч. Ч. 1. Ферментація / Ю. І. Сидоров, Р. Й. Влязло, В. П. Новіков; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Л., 2004. - 239 с.
48. Крюковська О.А., Левчук К.О. Охорона праці в галузі (для хімічних спеціальностей) під редакцією к.т.н., доцента Толока А.О.: Навч. посібник. –2011. – 230 с.
49. Біобезпека в контексті охорони праці. Біотехнологічний і нормативно-правовий аспекти/ В.В. Данилова, Н.В. Дехтяренко, Ю.В. Горшунов, О.Ю. Галкін// Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2016. -- №3. – с. 18-26.
50. Охорона праці: навч. посіб. для самостійної підготовки студентів фармац. ф-ту спец. «Фармація» та «ТПКЗ» заочної форми навчання / уклад. О. І. Панасенко [та ін.]. –Запоріжжя : ЗДМУ, 2015. – 117 с.



## ДОДАТКИ

### 1. СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Позиція	Найменування	Кількість	Технічна характеристика (виробник)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
ПЗ-1, ПЗ-9	Повітрозабірник	2	Обладнаний металевою сіткою для видалення механічних забруднень.
В-2,В-10	Вентилятор	2	Вентилятор ВЦ 14-46 (ВР 287-46) радіальний середнього тиску.
Ф-3, Ф-11	Фільтр грубої очистки	2	Фільтр FP 780 Q, пропускна здатність - 780 м³/год; тип з'єднання- G 1 1/2; розміри, мм - 125x726; маса, кг – 4,8.
ТО-4, ТО-13	Теплообмінник	2	Теплообмінник-охолоджувач (нагрівач) МНІ SAF-DX1000Е6 продуктивністю 1000 м³/год
Ф-5, Ф-14, Ф-15	Головний фільтр	3	Фільтр TRION Forever Filter® рівень очистки близько 95%. Електростатичний, піддається регенерації (омивається водою).
Ф-6	Фільтр тонкої очистки	1	Фільтр Петрянова. Клас фільтра за Eurovent 779 – EU5, ефективність фільтру 85%, допустиме навантаження – 5400-6000 м³/(год×м²).
Ф-7	Фільтр тонкої очистки НЕРА	1	Фільтр НЕРА MAC 10 IQ, Клас фільтра за Eurovent 779 – EU8, ефективність фільтру 99,95%, допустиме навантаження – 1000-4000 м³/(год×м²)
Ф-8	Фільтр надтонкої очистки	1	Фільтр ULPA(EU15-EU17) типу MAC10 XL. Ефективність фільтру – 99,9999%.
КН-12	Камера нагріву	1	Конвектор електричний ЭВНБ-1,0/220
КЗ-16	Камера зволоження	1	Система зволоження Вдох-нова.
ЗС-17	Реактор-змішувач	1	Геометричний об'єм – 2,1 м³, ємність – 700 кг, Кз=0,7.
РМ-18	Дробарка	1	Дробарка молотова ЄМ-110, продуктивність для тирси 1,5-2 т/год, встановлена потужність 90-110 кВт
Р-19	Біобарабан	1	Марка КМ-101, геометричний об'єм 24 м³, інтенсивність вигрузки 2- 2,5 т/год,

### 3. Специфікація основної та допоміжної сировини, матеріалів

№	Найменування	Категорія та номер НД	Показники, обов'язкові для перевірки	Функціональне призначення	Особливі властивості
1	2	3	4	5	6
	<u>1.Основна сировина</u>				
1	Тирса деревини дуба	—	Вологість, запах.	Складова субстрату	—
2	Вода питна	ГОСТ 2874-82	Колір, каламутність. Смак, запах, рН, жорсткість, вміст мікроорганізмів і бактерій згідно ГОСТ	Складова субстрату	—
3	Крейда	ГОСТ 17498	Відповідність категорії сировини призначенню	Складова субстрату	—
4	Висівки пшеничні	ГОСТ 7169	Відповідність категорії сировини призначенню	Складова субстрату	
5	Агар мікробіологічний	ГОСТ 17206-96	Відповідність категорії сировини призначенню	Складова поживного середовища	—
6	Сушло солодове	ТУ-18-6-47-85	Відповідність категорії сировини призначенню	Складова поживного середовища	—
	<u>2.Допоміжна сировина</u>				
1	Спирт етиловий ректифікований	ГОСТ 5962	Відповідність категорії сировини призначенню	Дезінфектант	—
3	Водню перекис	ТУ 6-02-570-75	Відповідність категорії сировини призначенню	Дезінфектант	—
4	Засоби миючі синтетичні порошкоподібні (“Лотос”)	ТУ 24.5-30684913-004-2001 зі змінами №1	Зовнішній вигляд, маркування, термін придатності, цілісність пакування	Санобробка	—



Продовження таблиці 4.1.

	<b>3.Матеріали</b>				
1	Вата	ГОСТ 5556	Відповідність категорії сировини призначенню	Для лабораторних потреб	—
2	Марля	ГОСТ 9412	Відповідність категорії сировини призначенню	Для лабораторних потреб	—
3	Ящики полімерні багатообертові	ТУ У 03562218.00 4-99	Цілісність	Технологічна тара	—
4	Ящики гофрованого картону №5	ГОСТ 13511	Цілісність	Складова упаковки	—
5	Пакети полімерних плівкових матеріалів;	ГОСТ 12302	Цілісність	Технологічна тара	—
6	Папір обгортковий	ГОСТ 8273	Цілісність	Складова упаковки	—
7	Пергамент рослинний	ГОСТ 1341	Цілісність	Складова упаковки	—
8	Стрічка клейова на паперовій основі	ГОСТ 18251	Цілісність	Складова упаковки	—
9	Шпагат	ГОСТ 3 7308	Цілісність	Складова упаковки	—
10	Нитки бавовняні	ГОСТ 6309	Цілісність	Складова упаковки	—
11	Дисперсія полівінілацетатна	ГОСТ 18992	Цілісність	Складова упаковки	—
12	Пакети з фільтром	—	Цілісність	Формування субстратного блоку	—
13	Мішки		Цілісність	Упаковка компосту	